

Г. Г. Лапин

ОРГАНИЗАЦИЯ ГИДРОТЕХНИЧЕСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА



*A posteriori...**

** На основании опыта (лат.)*

УДК 627.8.05
ББК 38.77–022 + 38.77–06

Рецензенты:

- профессор, доктор технических наук, заведующий кафедрой гидравлики и гидротехнического строительства НИУ МГСУ Д. В. Козлов;
- кандидат технических наук, заместитель главного инженера АО «Институт Гидропроект им. С. Я. Жука» А. В. Александров;
- заместитель главного инженера АО «Ленгидропроект» В. Н. Киселёв.

Лапин Г. Г. Организация гидротехнического строительства.

Практическое пособие для проектировщиков, строителей и студентов вузов. – PDF, 2021 – 189 с.

Практическое пособие «Организация гидротехнического строительства» отражает специфику организации строительства гидротехнических и гидроэнергетических объектов (плотины, дамбы, гидроэлектростанции, каналы, гидротехнические туннели и другое).

Материал практического пособия изложен с использованием передового отечественного и мирового опыта и отражает современные методы хозяйствования и организации строительства.

Предназначен для проектировщиков гидротехнических и гидроэнергетических объектов, студентов, обучающихся по специальности «Гидротехническое строительство», другим специальностям и специализациям гидротехнической направленности, а также для специалистов строительных организаций.

*Фото обложки – мемориал строителям Зейской ГЭС

По вопросам публикаций и цитирования обращаться адресу: Lapin.Gennady@gmail.com

Г. Г. Лапин

**ОРГАНИЗАЦИЯ
ГИДРОТЕХНИЧЕСКОГО
СТРОИТЕЛЬСТВА**

Москва
2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	6
РАЗДЕЛ 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	13
1.1. Термины и определения.....	13
1.2. Обозначения и сокращения	20
1.3. Участники строительного процесса и схемы управления строительством	21
1.4. Основные функции застройщика (технического заказчика), генподрядчика и генпроектировщика при генподрядной схеме управления строительством	25
1.5. Взаимоотношения между проектными, изыскательскими и научно-исследовательскими организациями в процессе проектирования и строительства гидротехнических объектов	29
1.6. Стадии проектирования гидротехнического объекта	30
РАЗДЕЛ 2. ПРОЕКТНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА.....	35
2.1. Основные понятия.....	35
2.2. Требования к проекту организации строительства (ПОС) для гидротехнического объекта.....	35
РАЗДЕЛ 3. СОДЕРЖАНИЕ ГЛАВ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ ПРОЕКТА ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА И КРАТКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....	45
Введение.....	45
Общие данные по гидроузлу.....	45
3.1. Глава 1. Характеристика условий и общие вопросы организации строительства	45
3.1.1. Краткая характеристика природных условий.....	45
3.1.1.1. Инженерно-гидрометеорологические условия, ледовый и термический режим.....	45
3.1.1.2. Инженерно-геологические, топографические, сейсмические и экологические условия.....	46
3.1.2. Строительно-хозяйственные условия района строительства.....	48
3.1.3. Компоновка и краткая характеристика основных сооружений гидроузла	49
3.1.4. Основные положения организации строительства	54
3.1.5. Стройгенплан и транспорт строительства	54
3.1.5.1. Транспортная схема	54
3.1.5.2. Автомобильные дороги.....	54
3.1.5.3. Стройгенплан.....	54
3.1.5.4. Перевозка тяжеловесных и негабаритных грузов	58
3.2. Глава 2. Производственные предприятия строительства	59
3.2.1. Перевалочная база строительства	59
3.2.2. Производственная база строительства в районе основных работ	60
3.2.3. Производственно-технические показатели производственных предприятий строительства и складского хозяйства	61
3.3. Глава 3. Инженерное обеспечение строительства в районе основных работ	61
3.3.1. Электроснабжение	61
3.3.2. Теплоснабжение.....	68
3.3.3. Водоснабжение и водоотведение	70
3.3.4. Воздухоснабжение.....	72
3.3.5. Связь	73
3.4. Глава 4. Технология строительства	73
3.4.1. Пропуск расходов реки в строительный период.....	73
3.4.1.1. Схема пропуска расходов реки на этапах строительства	73
3.4.1.2. Перемычки. Конструкция, технология их возведения и объёмы работ	76
3.4.1.3. Перекрытие русла реки.....	78

3.4.1.4. Водоотлив из котлованов и недостроенных сооружений	87
3.4.2. Земельно-скальные работы	89
3.4.2.1. Характеристика и объёмы работ	89
3.4.2.2. Производство земельно-скальных работ по отдельным сооружениям	89
3.4.2.3. Буровзрывные работы	93
3.4.2.4. Карьеры местных строительных материалов.....	94
3.4.2.5. Бурты и отвалы	97
3.4.2.6. Рекультивация.....	97
3.4.2.7. Общий календарный план (график) производства земельно-скальных работ.....	98
3.4.2.8. Баланс грунтов.....	99
3.4.2.9. Потребность в строительных машинах, механизмах и автотранспорте для производства земельно-скальных работ	100
3.4.2.10.Контроль качества земельно-скальных работ.....	100
3.4.3. Бетонные, монтажные и специальные работы	101
3.4.3.1. Характеристика и объёмы работ	101
3.4.3.2. Производство работ по возведению бетонной плотины	101
3.4.3.3. Производство работ по возведению здания ГЭС	107
3.4.3.4. Производство работ по возведению водосброса	107
3.4.3.5. Производство работ по возведению других бетонных сооружений гидроузла	108
3.4.3.6. Арматурные работы	108
3.4.3.7. Опалубочные работы	110
3.4.3.8. Производство бетонных работ в периоды с отрицательными температурами наружного воздуха.....	112
3.4.3.9. Общий календарный план (график) производства бетонных работ	113
3.4.3.10.Монтажные работы	113
3.4.3.11.Специальные работы.....	119
3.4.3.12.Потребность в основном строительном оборудовании для производства бетонных, монтажных и специальных работ	120
3.4.3.13.Контроль качества бетонных, монтажных и специальных работ	120
3.4.4. Подземные работы.....	124
3.4.4.1. Характеристика и объёмы работ	124
3.4.4.2. Производство работ по проходке и бетонированию отдельных сооружений	125
3.4.4.3. Инженерное обеспечение проходки туннелей и подземных выработок	134
3.4.4.4. Общий календарный план (график) производства подземных работ	137
3.4.4.5. Потребность в основном строительном оборудовании	137
3.4.4.6. Контроль качества подземных работ.....	137
3.5. Глава 5. Контроль качества строительно-монтажных работ.....	138
3.5.1. Предложения по организации контроля качества строительно-монтажных работ.....	138
3.5.1.1. Организация входного контроля поступающих материалов и изделий	138
3.5.1.2. Техническая инспекция генподрядчика (подрядчика).....	138
3.5.1.3. Строительная лаборатория	138
3.5.1.4. Организация геотехнического контроля	139
3.5.1.5. Организация геодезического контроля.....	139
3.5.2. Перечень мероприятий по организации мониторинга за состоянием зданий и сооружений, расположенных в непосредственной близости от зоны ведения строительно-монтажных и иных работ строящегося гидроузла, которые могут повлиять на техническое состояние и надёжность таких зданий и сооружений.....	143
3.5.3. Перечень требований, которые должны быть учтены в рабочей документации, разрабатываемой на основании проектной документации, в связи с принятыми методами возведения строительных конструкций и монтажа оборудования.....	144

3.6.	Глава 6. Организация строительства в подготовительный период.....	145
3.6.1.	Состав зданий и сооружений, подлежащих строительству в подготовительный период.....	145
3.6.2.	Календарный план (график) строительства объектов подготовительного периода.....	146
3.7.	Глава 7. Планирование строительства.....	146
3.7.1.	Сводный календарный план строительства.....	146
3.7.2.	Финансирование строительства.....	148
3.8.	Глава 8. Потребные ресурсы для строительства.....	148
3.8.1.	Методы строительства.....	148
3.8.2.	Потребность в строительных кадрах.....	150
3.8.3.	Потребность в основном строительном оборудовании.....	151
3.9.	Глава 9. Основные показатели проекта организации строительства.....	151
3.10.	Глава 10. Охрана труда, пожарная и промышленная безопасность.....	152
3.10.1.	Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности.....	152
3.10.2.	Мероприятия по обеспечению охраны труда и промышленной безопасности.....	152
3.10.2.1.	Общие требования.....	152
3.10.2.2.	Охрана труда при производстве земельно-скальных работ.....	152
3.10.2.3.	Охрана труда при производстве бетонных и монтажных работ.....	153
3.10.2.4.	Охрана труда при производстве подземных работ.....	153
3.10.2.5.	Охрана труда при производстве специальных работ.....	153
3.10.3.	Перечень мероприятий и проектных решений по определению технических средств и методов работы, обеспечивающих выполнение нормативных требований охраны труда.....	155
3.11.	Глава 11. Мероприятия по охране окружающей среды в период строительства.....	156
3.12.	Библиография.....	156
3.13.	Приложения.....	156
РАЗДЕЛ 4. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА ПРИ ТЕХНИЧЕСКОМ ПЕРЕВООРУЖЕНИИ И/ИЛИ РЕКОНСТРУКЦИИ ОБЪЕКТОВ ГИДРОЭНЕРГЕТИКИ В УСЛОВИЯХ ДЕЙСТВУЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ.....		157
РАЗДЕЛ 5. ТРЕБОВАНИЯ К ПРОЕКТУ ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ.....		160
Приложение А (рекомендуемое) Состав и содержание проектов организации строительства.....		165
Приложение Б (справочное) Примерный перечень исполнительной документации на монтаж и испытания гидротурбины.....		175
Приложение В (справочное) Примерный перечень исполнительной документации на монтаж и испытания гидрогенератора.....		177
Приложение Г (справочное) Примерный перечень исполнительной документации на монтаж и испытания силового трансформатора.....		179
Приложение Д (справочное) Перечень типовых испытаний и проверок комплектного распределительного устройства с элегазовой изоляцией.....		180
Приложение Е (рекомендуемое) Примерный перечень ответственных конструкций гидротехнических сооружений, подлежащих приёмке по актам освидетельствования ответственных конструкций.....		182
Приложение Ж (рекомендуемое) Состав проектов производства работ [1].....		184
Список литературы.....		186

Предисловие

Необходимость в предлагаемом практическом пособии по организации гидротехнического строительства назрела давно. Следует констатировать, что сегодня нет учебников или пособий по данной тематике, которые систематизировали бы порядок разработки проекта организации гидротехнического строительства (ПОС). Имеющийся учебник «Организация и планирование гидротехнического строительства», изданный в 1977 г. под общей редакцией доктора технических наук, профессора В. С. Эристова, не отражает сегодняшних нормативных требований и имеющегося опыта строительства. Более того, за прошедшее время в России изменился общественный строй. На смену социалистическому строю и плановому методу хозяйствования пришёл капиталистический строй, отличительной особенностью которого является частная собственность и договорные отношения между участниками строительного процесса.

Следует отметить, что имеется учебник «Производство гидротехнических работ» под общей редакцией доктора технических наук, профессора А. И. Чуракова, изданный в 1985 г., и двухтомный учебник «Производство гидротехнических работ» под редакцией доктора технических наук, профессора В. И. Телешева (часть 1) и доктора технических наук, профессора М. Г. Зерцалова (часть 2), изданный в 2012 г. В них излагается производство различных видов гидротехнических работ, но не освещаются вопросы организации строительства.

В настоящее время изменились схемы управления строительством. Инвесторами строительства гидротехнических объектов выступает не столько государство, сколько компании различных форм собственности. Дополнительно к абсолютно преобладающей в советское время генподрядной схеме появились другие схемы управления строительством, например: управление строительством «под ключ» (ЕРС-подряд); управление проектированием, поставками, строительством (ЕРСМ-подряд); управление проектированием, поставками, контроль за строительством (ЕРС-подряд); управление строительством (РСМ-подряд). Функции участников строительства: инвесторы; застройщик (технический заказчик); проектная, изыскательская, научно-исследовательская организации; подрядчики; заводы-изготовители, поставщики, их права, обязанности и ответственность определяются условиями договоров. Повысилась роль и ответственность застройщика (технического заказчика). Исполнители работ: генподрядчик, подрядчики, проектная организация, поставщики оборудования,

строительных материалов и другие определяются на основании результатов конкурсов. Изложенные выше факторы изменили взаимоотношения между участниками строительного процесса.

Постановление Правительства Российской Федерации от 16 февраля 2008 г. № 87 «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию» изменило ранее действовавшее название стадии проектирования «Проект» (П) на стадию «Проектная документация» (ПД) и упорядочила требования к составу и объёму разрабатываемой на этой стадии проектирования документации. Вместе с этим следует понимать, что требования Постановления № 87 относятся к объекту строительства любого масштаба и любого назначения. Совершенно естественно, что грандиозный объект, каковым является строительство крупной ГЭС, имеет свою специфику и значительно больший объём проектной документации, чем простой объект, например, отдельно стоящее здание. Требования к разработке ПОС для любого объекта изложены в п. 23 раздела 6 вышеназванного Постановления Правительства РФ № 87.

Главная задача данного практического пособия – **изложение методики составления проекта организации строительства (ПОС) для гидротехнического объекта.**

Следует признать, что далеко не все инженеры (проектировщики, строители, преподаватели вузов), работающие в области строительства в целом и гидротехнического строительства в частности, до конца понимают, что такое проект организации строительства (ПОС), а что такое проект производства работ (ППР). ПОС и ППР – это разные документы.

ПОС – это **раздел проектной документации**, определяющий общую продолжительность и промежуточные сроки строительства, распределение капитальных вложений и объемов строительно-монтажных работ, материально-технические и трудовые ресурсы и источники их покрытия, основные методы выполнения строительно-монтажных работ, структуру управления строительством объекта и другие сведения в соответствии с требованиями действующего законодательства [1]. Он **разрабатывается проектной организацией на весь объект в целом и утверждается застройщиком (техническим заказчиком) одновременно с проектной документацией (ПД)**. В ПОС гидротехнического объекта определяются: порядок и очерёдность возведения основных гидротехнических сооружений, негидротехнических и временных зданий и сооружений, гидравлические условия и схема пропуска строительных расходов, тип и конструкция

временных гидротехнических сооружений, технологические схемы производства работ при возведении основных сооружений, транспортные схемы, продолжительность строительства, сроки завершения отдельных этапов строительства (пусковых комплексов) и ввода агрегатов ГЭС, сводный календарный план строительства и другие планы (графики) строительства, план финансирования, потребность в материально-технических и трудовых ресурсах. ПОС отвечает на вопросы: **что строить, в какой очерёдности, по какой технологии, в какие сроки, какими ресурсами и какова стоимость гидротехнического объекта в целом.**

ППР – это один из основных организационно-технологических документов, описывающих применяемые обоснованные организационно-технологические решения для обеспечения оптимальной технологичности производства и безопасности соответствующих видов работ, а также экономической эффективности капитальных вложений. ППР устанавливает порядок инженерного оборудования и обустройства строительной площадки, обеспечивает моделирование строительного процесса, прогнозирование возможных рисков, определяет оптимальные сроки строительства. Выбор организационно-технологических решений следует осуществлять на основе вариантной проработки с применением методов критериальной оценки [1]. **ППР разрабатывается строительно-монтажными организациями на стадии строительства объекта на основании ПОС и рабочей документации. В нём излагаются конкретные решения по организации строительства, производству работ и технике безопасности при возведении отдельных зданий, сооружений или их частей. ППР утверждается главным инженером (техническим руководителем) строительно-монтажной организации.**

Таким образом ПОС отличается от ППР следующим:

- ПОС разрабатывается проектной организацией на стадии разработки ПД, а ППР – строительно-монтажной организацией на стадии строительства;
- ПОС разрабатывается на весь гидротехнический объект в целом, а ППР – на отдельное здание, сооружение или его часть;
- ПОС утверждается застройщиком одновременно с утверждением ПД, а ППР – главным инженером строительно-монтажной организации.

По объёму пояснительная записка ПОС для крупного гидроэнергетического объекта – это сотни страниц текста, объединённые в один или несколько томов. Кроме этого, разрабатываются десятки комплектов

чертежей. Это значительно больше объёма отдельно взятого ППР, однако ПОС один, а ППР много.

Данное практическое пособие состоит из пяти разделов и семи приложений.

В начале [Раздела 1](#) приведены термины и определения для единообразного понимания содержания, а также обозначения и сокращения, встречающиеся в тексте пособия.

После этого, в отдельном подразделе перечислены [участники строительного процесса](#) и приведены [схемы управления строительством](#), которые могут быть приняты инвесторами и застройщиком. Даны пояснения по каждой схеме управления, а генподрядная схема и схема управления строительством «под ключ» (ЕРС-подряд) продемонстрированы рисунками.

В следующем подразделе приведены [основные функции застройщика \(технического заказчика\), генподрядчика и генпроектировщика](#) при наиболее часто встречающейся генподрядной схеме управления строительством.

Далее даны [рекомендации по взаимоотношениям](#), которые должны быть между проектными, изыскательскими и научно-исследовательскими организациями в процессе проектирования и строительства. Это важный вопрос. В советский период времени главной фигурой при проектировании был генпроектировщик, который заключал договоры с изыскательскими и научно-исследовательскими организациями и к которому стекалась вся информация о состоянии сооружений в ходе строительства. Это позволяло автору проекта гидроузла своевременно реагировать на негативные процессы, которые могли появиться и повлиять на надёжность и безопасность создаваемого объекта. В постсоветский период научно-исследовательские и другие организации по ряду причин (в основном экономических и рейтинговых) стали заключать договоры на мониторинг и научные исследования напрямую с застройщиком (техническим заказчиком). Это лишало генпроектировщика возможности оперативно реагировать на негативные процессы и принимать необходимые решения. Этого быть не должно.

В завершение раздела 1 приведены [данные по эволюции стадий проектирования](#) в СССР и России, что продемонстрировано приведённой таблицей. Данный подраздел введён из-за того, что до настоящего времени специалисты разных рангов оперируют названиями стадий проектирования, которые уже давно не существуют. Например, часто стадию проектирования

«Проектная документация» называют «Проект» или даже «Технический проект», хотя этих стадий давно нет. Более того, иногда названия несуществующих стадий проектирования включаются в официальные документы, что является грубой ошибкой.

В [Разделе 2](#) излагаются основные понятия и требования к ПОС для гидротехнического объекта. Как указано выше, требования к разработке ПОС для абстрактного объекта изложены в п. 23 раздела 6 Постановления Правительства РФ № 87. Масштабный объект, каковым является строительство крупного гидроузла, имеет свою специфику. Эта специфика раскрыта в разделе 2.

В [Разделе 3](#) приведены рекомендуемые названия глав пояснительной записки для гидротехнического объекта и даны краткие рекомендации по их содержанию. **Это основной по объёму раздел.**

Существует справедливое выражение: «Лучше не тот проект, сметная стоимость которого меньше, а тот, по которому проще и быстрее построить объект». В итоге, при возведении объекта, который может быть быстрее построен, на меньший срок происходит омертвление капитала, меньше проценты по кредитам банкам, раньше начинается окупаемость вложенных в строительство объекта средств.

Проектировщик, разрабатывающий конструкцию объекта, решает задачу – создать надёжный и безопасный объект с минимальными физическими объёмами и максимально возможными для данного створа техническими показателями. Проектировщик, разрабатывающий ПОС, решает задачу как проще и быстрее построить объект, какие для этого желательны изменения в конструкции гидротехнических сооружений (ГТС), какие технологии целесообразно применить, чтобы ускорить и в результате удешевить строительство объекта. В компромиссе между этими задачами находится оптимальное решение.

ПОС – это недооцениваемый строителями раздел проектной документации. В нём есть всё, что должно интересовать строительно-монтажную организацию, выигравшую конкурс на строительство объекта: конструктивные решения, физические и рабочие объёмы, рекомендуемые технологические схемы производства работ, последовательность возведения объекта, сроки строительства отдельных этапов, потребные материальные и людские ресурсы.

В каждой главе раздела 3 и каждом её параграфе даются рекомендации, что должно быть изложено в пояснительной записке. Кроме этого, приводятся краткие сведения о том, как можно организовать производство конкретного вида строительно-монтажных работ (земельно-скальные, бетонные, монтажные, специальные, подземные работы), приводятся ссылки на нормативную, справочную и другую техническую литературу по излагаемому вопросу. Практическое пособие не подменяет имеющиеся учебники, оно систематизирует их использование и излагает базовые понятия.

В [Разделе 4](#) приводятся дополнительные требования к ПОС, разрабатываемому при техническом перевооружении и/или реконструкции гидротехнического объекта в условиях действующего предприятия.

[Раздел 5](#) посвящён разработке ППР. В нём излагаются требования, которые должны учитываться при разработке ППР строительно-монтажной организацией. Кроме этого, даётся разъяснение, что ППР на строительство зданий и сооружений с особо сложными конструкциями и методами производства работ должны разрабатываться проектными организациями одновременно с разработкой рабочей документации, приводится перечень таких ППР. Разъясняется в каких случаях ППР разрабатываться в полном и неполном объёме.

После раздела 5 приведены [рекомендуемые и справочные приложения](#), в которых изложены:

- [состав и содержание ПОС](#), в том числе состав пояснительной записки и рекомендуемые комплекты чертежей;
- примерный [перечень исполнительной документации](#) на монтаж и испытания [гидротурбины](#), [гидрогенератора](#), [силового трансформатора](#), [перечень типовых испытаний и проверок](#) комплектного распределительного устройства с элегазовой изоляцией (КРУЭ);
- [примерный перечень ответственных конструкций](#) гидротехнических сооружений, подлежащих приёмке по актам освидетельствования;
- [состав ППР](#).

В конце приведён [список литературы](#), на которую даны ссылки в тексте практического пособия. Если нормативная литература, на которую дана ссылка, утратила свою актуальность, следует руководствоваться действующей версией аналогичного нормативного документа.

Автор выражает глубокую благодарность рецензентам: профессору, доктору технических наук, заведующему кафедрой гидравлики и

гидротехнического строительства НИУ МГСУ Д. В. Козлову; кандидату технических наук, заместителю главного инженера АО «Институт Гидропроект им. С. Я. Жука» А. В. Александрову; заместителю главного инженера АО «Ленгидропроект» В. Н. Киселёву за полезные советы и замечания, сделанные при рецензировании рукописи.

РАЗДЕЛ 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Термины и определения

Авторский надзор	Надзор разработчиков рабочей документации за строительством, осуществляемый в целях обеспечения соответствия решений, содержащихся в рабочей документации, выполняемым строительными-монтажными работам на объекте. Необходимость проведения авторского надзора относится к компетенции застройщика [2].
Бурт	Извлечённый в результате выемки грунт, складываемый навалом и используемый в последующем при устройстве качественных насыпей, засыпке пазух, отсыпке дорог при строительстве объекта.
Генеральный подрядчик	Организация, выступающая главным исполнителем договора подряда по строительству объекта и привлекающая другие лица (субподрядчиков) для его выполнения.
Генеральный подрядчик «под ключ» (договор ЕРС)	Генеральный подрядчик, полностью выполняющий инвестиционный проект и принимающий на себя все риски его осуществления с момента проектирования и до момента передачи готового объекта застройщику (техническому заказчику), включая выполнение гарантийных обязательств, по которым несёт финансовую ответственность перед застройщиком (техническим заказчиком). Твёрдая цена договора включает все расходы, связанные со строительством, в том числе вознаграждение генерального подрядчика. Договор предусматривает твёрдую цену, фиксированный срок сдачи объекта в эксплуатацию, достижение основных технических параметров объекта, в том числе вывод на проектную мощность, и полную финансовую ответственность подрядчика за превышение сметной стоимости инвестиционного проекта.
Генеральная проектная организация (генпроектировщик)	Организация, имеющая в соответствии с законодательством РФ право на выполнение проектных работ на всех стадиях проектирования, включая разработку рабочей документации, и все работы, сопутствующие процессу проектирования. На основании заключённого договора с застройщиком (техническим заказчиком) она несёт ответственность за проектную документацию на объект в целом, его технико-экономические показатели, надёжность работы спроектированных сооружений, за своевременное и качественное выполнение всех предусмотренных договором работ. При необходимости генпроектировщик привлекает другие организации, включая специализированные, в качестве субподрядчиков.

Договор строительного (генерального) подряда	Форма договора, по которому подрядная организация (генеральная подрядная организация) обязуется в установленный договором срок выполнить по заданию застройщика (технического заказчика) определенный комплекс строительно-монтажных работ, а заказчик данных работ обязуется создать подрядной организации необходимые условия для выполнения работ, принять их результат и оплатить обусловленную цену [1] .
Заказчик	Юридическое лицо, в интересах и за счёт средств которого осуществляются закупки. Заказчиком выступает собственник средств или их законный распорядитель, а выразителями его интересов – руководители, наделенные правом совершать от его имени сделки по закупкам.
Застройщик ¹	Физическое или юридическое лицо, обеспечивающее на принадлежащем ему земельном участке или на земельном участке иного правообладателя (которому при осуществлении бюджетных инвестиций в объекты капитального строительства государственной (муниципальной) собственности органы государственной власти (государственные органы), Государственная корпорация по атомной энергии "Росатом", Государственная корпорация по космической деятельности "Роскосмос", органы управления государственными внебюджетными фондами или органы местного самоуправления передали в случаях, установленных бюджетным законодательством Российской Федерации, на основании соглашений свои полномочия государственного (муниципального) заказчика или которому передали на основании соглашений свои функции застройщика) строительство, реконструкцию, капитальный ремонт, снос объектов капитального строительства, а также выполнение инженерных изысканий, подготовку проектной документации для их строительства, реконструкции, капитального ремонта. Застройщик вправе передать свои функции, предусмотренные законодательством о градостроительной деятельности, техническому заказчику [1] .
Инвестор	Субъект предпринимательской деятельности, который принимает решение о вложении собственного, заёмного или привлечённого капитала в объекты инвестирования. В

¹ В советское время использовался термин заказчик-застройщик, который, по мнению автора, правильно отражал его функции, права и обязанности. Заказчик-застройщик — это юридическое лицо, в интересах и за счёт средств которого осуществляется строительство объекта, которое финансирует строительство на принадлежащем ему на правах собственности (или аренды) земельном участке. В настоящее время введено два термина – застройщик и технический заказчик. По сути, технический заказчик является промежуточным звеном между застройщиком и другими участниками строительства.

	<p>соответствии с действующим законодательством все, независимо от форм собственности и организационно-правовых форм хозяйствования, имеют равные права в осуществлении инвестиционной деятельности, самостоятельно определяют цели, направления, виды и объёмы инвестиций; привлекают для их реализации на договорной основе любых участников инвестиционной деятельности (образуя с ними инвестиционный пул). В зависимости от целей инвестирования выделяют стратегических и портфельных инвесторов, а в зависимости от направленности хозяйственной деятельности – институциональных и индивидуальных инвесторов [3].</p>
Инфраструктура	Обслуживающая часть производственной и любой другой функциональной структуры, совокупность вспомогательных отраслей.
Исполнительная документация	<p>Текстовые и графические материалы, отражающие фактическое исполнение проектных решений, действительное качество, положение, физико-механические свойства объектов капитального строительства, линейных объектов и их элементов в процессе строительства, реконструкции, капитального ремонта, сноса [1].</p> <p>По факту это комплект рабочих чертежей с подписями о соответствии выполненных в натуре работ по этим чертежам или внесёнными в них по согласованию с проектной организацией изменениями, сделанными лицами, ответственными за производство строительно-монтажных работ, а также документация, оформляемая в процессе строительства. Ведение исполнительной документации регламентировано законодательством РФ.</p>
Лицо, осуществляющее строительство, реконструкцию, капитальный ремонт, снос объекта капитального строительства или линейного объекта (далее – лицо, осуществляющее строительство)	<p>Застройщик либо привлекаемое застройщиком (техническим заказчиком) иное юридическое лицо (или индивидуальный предприниматель) по договору строительного (генерального) подряда [1].</p> <p>При генподрядной схеме управления строительством это генподрядчик.</p>
Организация строительства (строительного производства)	Система взаимоувязанных организационно-технологических решений, мероприятий, работ, направленных на обеспечение эффективного и качественного строительства объекта спланированными темпами и в установленные сроки.

Организационно-технологические решения	Решения по организации и технологии строительства (строительного производства), принятые в организационно-технологических документах (ПОС и ППР).
Отвал	Извлечённый в результате выемки грунт, складываемый навалом и неиспользуемый при строительстве объекта.
Ответственные конструкции	Отдельные конструктивные элементы, как правило скрывающиеся в процессе строительства другими конструкциями, некачественное выполнение которых может привести к потере несущей способности конструкций или к непригодности сооружения в целом для нормальной эксплуатации.
Подрядчик	Юридическое или физическое лицо, которое выполняет работу по договору подряда и/или государственному контракту, заключаемому с заказчиком в соответствии с Гражданским кодексом РФ.
Поставщик	Любое юридическое или физическое лицо, а также объединение этих лиц, способное на законных основаниях поставить требуемую продукцию организации, производящей закупки товаров.
Проектный документ	Составная часть проектной, рабочей или иной технической документации, предназначенная для строительства зданий и сооружений и имеющая самостоятельное наименование и обозначение [4].
Проектная документация	<p>Документация, разрабатываемая на первой стадии при двухстадийном архитектурно-строительном проектировании, являющаяся объектом интеллектуальной собственности и содержащая материалы в текстовой и графической формах и (или) в форме информационной модели и определяющая архитектурные, функционально-технологические, конструктивные, технико-экономические и инженерно-технические решения для обеспечения строительства, реконструкции, сноса объектов капитального строительства, их частей, капитального ремонта (в том числе для линейных объектов).</p> <p>Примечание: Проектная документация состоит из технической документации и сметной документации (сметных расчетов) (при необходимости). Каждый проектный документ, как составная часть проектной документации имеет самостоятельное наименование и обозначение. Состав проектной документации необходим для оценки соответствия принятых решений заданию на проектирование, требованиям технических регламентов и документов в области стандартизации, а также достаточен для разработки рабочей документации для строительства [1].</p> <p>Совокупность текстовых и графических документов, определяющих архитектурные, функционально-технологические, конструктивные инженерно-технические и иные решения проектируемого здания (сооружения), состав которых необходим для оценки соответствия принятых</p>

	<p>решений заданию на проектирование, требованиям технических регламентов и документов в области стандартизации и достаточен для разработки рабочей документации для строительства [4].</p> <p>Аналогичное название имеет стадия проектирования в соответствии с Постановлением Правительства Российской Федерации от 16.02.2008 № 87 [5].</p>
<p>Проект организации строительства (ПОС)</p>	<p>Раздел проектной документации, определяющий общую продолжительность и промежуточные сроки строительства, распределение капитальных вложений и объёмов строительно-монтажных работ, материально-технические и трудовые ресурсы и источники их покрытия, основные методы выполнения строительно-монтажных работ, структуру управления строительством объекта и другие сведения в соответствии с требованиями действующего законодательства [1].</p> <p>Применительно к гидротехническому строительству это – организационно-технологическая документация, в которой определяются: порядок и очерёдность возведения основных сооружений, негидротехнических и временных объектов, гидравлические условия и схема пропуска строительных расходов, тип и конструкции временных гидротехнических сооружений, технологические схемы возведения основных сооружений и производства работ, транспортные схемы, продолжительность строительства, сроки завершения отдельных этапов строительства (пусковых комплексов) и ввода агрегатов ГЭС, сводный календарный план строительства и другие планы (графики) строительства, план финансирования, потребность в материально-технических и трудовых ресурсах, условия образования и обращения с отходами строительного производства. На основании ПОС выполняется расчёт стоимости строительства, в который включаются дополнительные затраты, не учитываемые в конструктивных чертежах. ПОС утверждается в установленном порядке вместе со всей проектной документацией.</p>
<p>Проект производства работ (ППР)</p>	<p>Один из основных организационно-технологических документов, описывающих применяемые обоснованные организационно-технологические решения для обеспечения оптимальной технологичности производства и безопасности соответствующих видов работ, а также экономической эффективности капитальных вложений [1].</p> <p>По сути это – организационно-технологическая документация, разрабатываемая строительно-монтажными организациями на стадии строительства объекта на основании ПОС и рабочей документации. В ППР излагаются конкретные решения по организации строительства, производству работ и технике безопасности при возведении отдельных зданий, сооружений или их частей, монтаже оборудования.</p>

Проектное обоснование	Совокупность материалов по инженерным изысканиям, планировке территории, охране окружающей среды, размещению, составу, параметрам и конструкции объекта (объектов), его экономическим показателям, разрабатываемым на каждом этапе изучения и планирования строительства (схема территориального планирования, обоснования инвестиций, проектная документация) [6].
Рабочая документация	<p>Документация, разрабатываемая на второй стадии при двухстадийном проектировании в целях реализации в процессе строительства архитектурных, технических и функционально-технологических решений, содержащихся в проектной документации и состоящая из документов в текстовой форме, рабочих чертежей с детальной проработкой узлов, спецификаций оборудования, изделий и материалов, необходимых для производства строительно-монтажных работ, обеспечения строительства оборудованием, изделиями и материалами и (или) изготовления строительных изделий [1].</p> <p>Совокупность текстовых и графических документов, обеспечивающих реализацию принятых в утверждённой проектной документации технических решений объекта капитального строительства, необходимых для производства строительных и монтажных работ, обеспечения строительства оборудованием, изделиями и материалами и/или изготовления строительных изделий.</p> <p>В состав рабочей документации входят основные комплекты рабочих чертежей, спецификации оборудования, изделий и материалов, ведомости объёмов работ, сметная документация, другие прилагаемые документы, разрабатываемые в дополнение к рабочим чертежам основного комплекта [4].</p>
Реконструкция объектов капитального строительства (за исключением линейных объектов)	Изменение параметров объекта капитального строительства, его частей (высоты, количества этажей, площади, объёма), в том числе надстройка, перестройка, расширение объекта капитального строительства, а также замена и (или) восстановление несущих строительных конструкций объекта капитального строительства, за исключением замены отдельных элементов таких конструкций на аналогичные или иные улучшающие показатели таких конструкций элементы и (или) восстановления указанных элементов [7].
Скрытые работы	Работы, результаты которых оказывают влияние на безопасность объекта и контроль за выполнением которых не может быть проведен после выполнения последующих работ в соответствии с технологией строительства, реконструкции, капитального ремонта [1].
Строительная площадка	Участок земли или воды, отведенный в соответствии с проектной документацией для постоянного размещения объекта и временной инфраструктуры, на котором ведутся

	строительно-монтажные работы или освоение территории [1].
Строительный генеральный план (стройгенплан)	План участка строительства, на котором показано расположение строящихся объектов, расстановка монтажных и грузоподъемных механизмов, а также всех прочих объектов строительного хозяйства. В зависимости от охватываемой площади и степени детализации строительные генеральные планы могут быть объектными или общеплощадочными. Стройгенплан может (и должен) разрабатываться на отдельные этапы строительства. Для крупных объектов, кроме стройгенпланов, ПОС включает ситуационный план, характеризующий строительно-хозяйственные условия района строительства.
Строительные расходы	Расходы воды в реке, пропускаемые через створ гидроузла в период его строительства.
Строительный контроль	<p>Проверка выполнения работ при строительстве объектов капитального строительства на соответствие требованиям проектной и подготовленной на её основе рабочей документации, результатам инженерных изысканий, требованиям градостроительного плана земельного участка, требованиям технических регламентов в целях обеспечения безопасности зданий и сооружений.</p> <p>Строительный контроль качества СМР осуществляется специальными службами, создаваемыми в организациях застройщика (технического заказчика), генподрядной и субподрядных организациях и оснащёнными современными техническими средствами, обеспечивающими достоверность и полноту контроля. Для выполнения определённых контрольных функций возможно привлечение на договорных условиях специализированных организаций (например, строительной лаборатории).</p>
Технический заказчик	Юридическое лицо, которое уполномочено застройщиком и от имени застройщика заключает договоры о выполнении инженерных изысканий, о подготовке проектной документации, о строительстве, реконструкции, капитальном ремонте, сносе объектов капитального строительства, подготавливает задания на выполнение указанных видов работ, предоставляет лицам, выполняющим инженерные изыскания и (или) осуществляющим подготовку проектной документации, строительство, реконструкцию, капитальный ремонт, снос объектов капитального строительства, материалы и документы, необходимые для выполнения указанных видов работ, утверждает проектную документацию, подписывает документы, необходимые для получения разрешения на ввод объекта капитального строительства в эксплуатацию, осуществляет иные функции, предусмотренные законодательством о градостроительной деятельности. Функции технического заказчика могут выполняться только членом соответственно саморегулируемой организации в области инженерных

	изысканий, архитектурно-строительного проектирования, строительства, реконструкции, капитального ремонта, сноса объектов капитального строительства, за исключением случаев, предусмотренных частью 2.1 статьи 47, частью 4.1 статьи 48, частями 2.1 и 2.2 статьи 52, частями 5 и 6 статьи 55.31 настоящего Кодекса [1] .
Техническое перевооружение опасного производственного объекта	Приводящие к изменению технологического процесса на опасном производственном объекте внедрение новой технологии, автоматизация опасного производственного объекта или его отдельных частей, модернизация или замена применяемых на опасном производственном объекте технических устройств [1] .

1.2. Обозначения и сокращения

В настоящем практическом пособии применены следующие обозначения и сокращения:

БВР	– буровзрывные работы;
ВБ	– верхний бьеф;
ВВ	– взрывчатое вещество;
ГАЭС	– гидроаккумулирующая электростанция;
ГИП	– главный инженер проекта;
ГЭС	– гидравлическая электрическая станция;
ГСО	– гидросиловое оборудование ГЭС;
ГТС	– гидротехнические сооружения;
ЕНиР	– единые нормы и расценки на строительные, монтажные и ремонтно-строительные работы;
ЗРУ	– закрытое распределительное устройство;
ИТР	– инженерно-технические работники;
КИА	– контрольно-измерительная аппаратура;
КРУЭ	– комплектное распределительное устройство с элегазовой изоляцией;
НБ	– нижний бьеф;
ОИ	– стадия проектирования «Обоснования инвестиций»;
ОРУ	– открытое распределительное устройство;
П	– стадия проектирования «Проект»;
ПД	– стадия проектирования «Проектная документация»;
ПОС	– проект организации строительства;
ПНР	– пусконаладочные работы;
ППР	– проект производства работ;
РД	– рабочая документация;
РОР	– район основных работ;
РП	– стадия проектирования «Рабочий проект»;
СМР	– строительные-монтажные работы;

СТО	– стандарт организации;
СТП	– схема территориального планирования;
ТП	– стадия проектирования «Технический проект»;
ТУ	– технические условия;
ТЭД	– стадия проектирования «Технико-экономический доклад»;
ТЭО	– стадия проектирования «Технико-экономическое обоснование»;
ТЭР	– стадия проектирования «Технико-экономический расчёт».

1.3. Участники строительного процесса и схемы управления строительством

В строительстве любого объекта участвуют (исключая надзорные органы): инвестор(ы); застройщик (технический заказчик); подрядные строительные-монтажные организации, одна из которых может быть генеральной подрядной организацией (генподрядчик); проектные, изыскательские, проектно-изыскательские организации, одна из которых может быть генеральным проектировщиком (генпроектировщик); научно-исследовательские организации; поставщики оборудования, строительных материалов и конструкций.

При строительстве объектов могут применяться различные схемы управления строительством. Наиболее распространённой является **генподрядная схема управления строительством**. Суть её заключается в том, что застройщик (технический заказчик) заключает договор на строительство объекта с одним подрядчиком на весь комплекс работ. Этот подрядчик по договору получает статус генерального подрядчика (генподрядчика) и несёт ответственность за срыв или ненадлежащее исполнение обязательств по договору, включая: организацию строительного процесса возведения объекта; обеспечение требуемого качества строительномонтажных работ; сохранность сооружений в течение всего периода строительства; установленные сроки ввода отдельных сооружений, очередей строительства и гидроузла в целом; надёжность и безопасность при эксплуатации объекта в течение гарантийного периода. Генподрядчик может на договорной основе привлекать к выполнению отдельных видов строительномонтажных работ других подрядчиков (субподрядчиков), для которых он является заказчиком. Генподрядчик несёт перед застройщиком (техническим заказчиком) всю ответственность за выполнение СМР привлекаемыми им субподрядными строительными и монтажными организациями. При строительстве объекта в необжитом удалённом от населённых пунктов районе генподрядчик создаёт все необходимые для

нормального проживания людей условия: временный и/или постоянный посёлок, объекты соцкультбыта, дороги, объекты электроснабжения, теплоснабжения, водоснабжения и водоотведения, все виды связи, снабжение продуктами питания и хозяйственными товарами, другие объекты инфраструктуры и обслуживает их до передачи муниципальным органам власти.

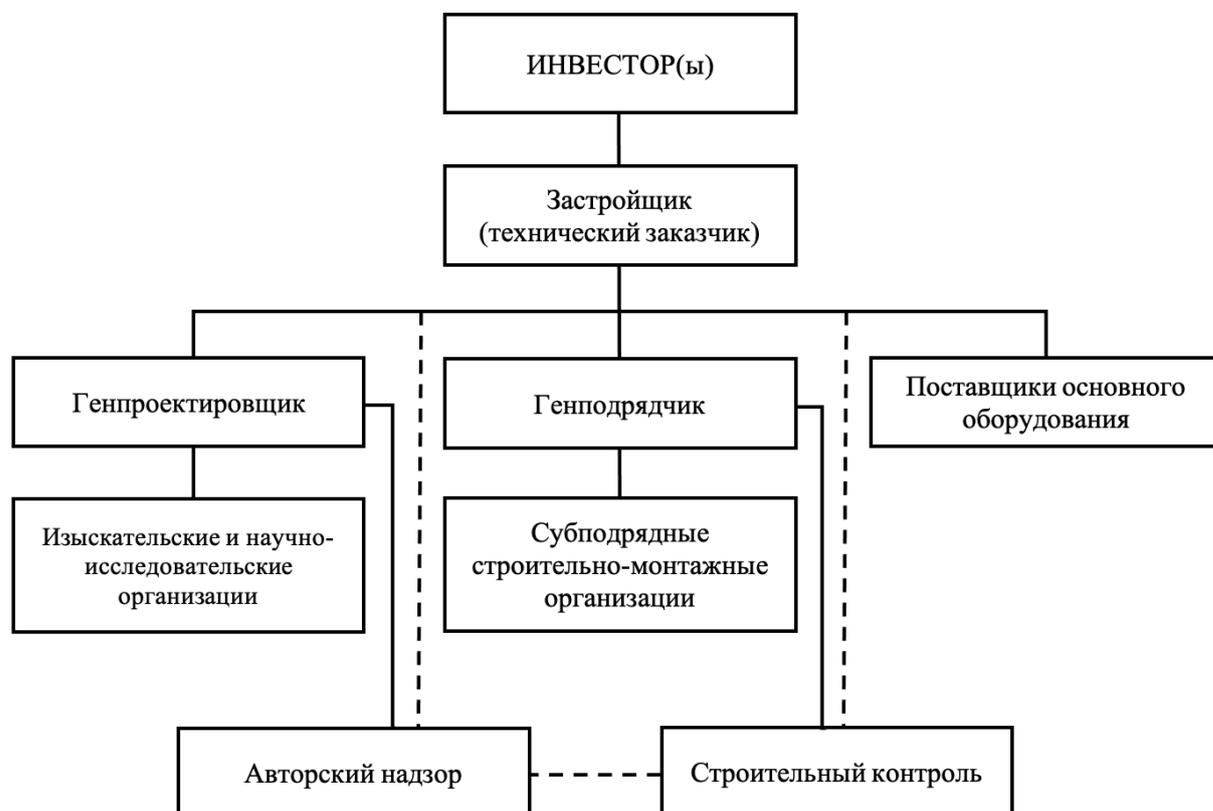


Рис. 1. Генподрядная схема управления строительством

Генеральный подрядчик должен обладать необходимым опытом строительства гидротехнических объектов², иметь производственные мощности, материально-технические ресурсы и соответствующие профилю работ квалифицированные кадры, необходимые для исполнения своих обязательств, обладать управленческой компетентностью, иметь команду опытных высококвалифицированных специалистов на ключевых должностях. Привлекаемые генеральным подрядчиком субподрядные строительно-монтажные организации для выполнения отдельных общестроительных и специальных видов работ, должны удовлетворять тем же требованиям,

² Под гидротехническим объектом в данном пособии подразумевается как гидроузел без ГЭС, так и гидроузел при наличии ГЭС, то есть гидроэнергетический объект. Строительство гидротехнического объекта подразумевает не только строительство основных ГЭС, но и объектов производственной базы, инфраструктуры, постоянного и временного посёлков.

которые предъявляются и к генеральному подрядчику. Генподрядная схема управления строительством приведена на [рис. 1](#).

При генподрядной схеме застройщик (технический заказчик) является активным участником строительного процесса, осуществляющим финансирование, контроль качества СМР, приёмку работ и в итоге – приёмку законченного строительством объекта, который, как правило, в дальнейшем он и эксплуатирует. По такой схеме управления были построены практически все гидротехнические объекты в СССР и России.

В отдельных случаях застройщик (технический заказчик) и/или инвестор могут осуществлять управление строительством по другим схемам.

Схема управления строительством «под ключ» (EPC-подряд) (engineering, procurement, construction – проектирование, поставки, строительство). Для EPC-подряда свойственны: твёрдая цена, высокая ответственность EPC-подрядчика, большая самостоятельность при осуществлении строительного процесса. Цена в большинстве случаев является паушальной (твёрдой), которая не может быть скорректирована в случае изменения затрат. Твёрдая цена не исключает появления сметы в процессе проектирования. Любое превышение стоимости работ, оборудования или материалов по сравнению с договорной ценой, а также риски непредвиденных затрат и задержек, относятся на EPC-подрядчика. Исключением являются изменения в объёме или составе работ, инициированные застройщиком (техническим заказчиком), события форс-мажора, неисполнение застройщиком (техническим заказчиком) своих обязательств, предусмотренных договором. При этой модели застройщик (технический заказчик) имеет меньше полномочий по управлению EPC-подрядчиком или субподрядчиками, чем при генподрядной модели управления строительством. Схема управления строительством «под ключ» (EPC-подряд) приведена на [рис. 2](#).

При такой схеме управления строительством проектно-изыскательские, научно-исследовательские организации и поставщики оборудования зависимы от EPC-подрядчика, так как для этих организаций EPC-подрядчик является заказчиком. В этом случае может возникнуть конфликт интересов, приводящий к снижению качества работ и проекта³ в целом, если будут превалировать экономические интересы EPC-подрядчика.

³ В данном случае подразумевается инвестиционный проект.

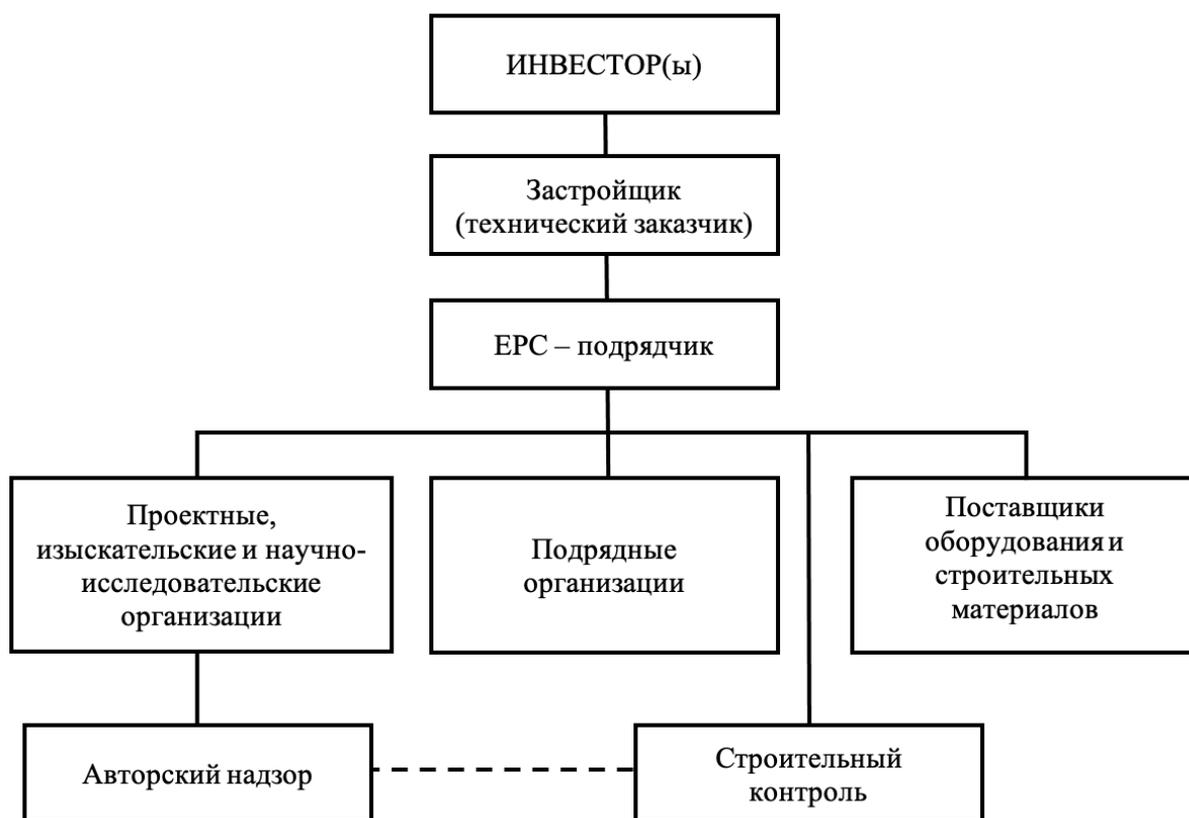


Рис. 2. Схема управления строительством «под ключ» (EPC-подряд)

Модель EPCM, EPCM-подряд (engineering, procurement, construction management – управление проектированием, поставками, строительством). EPCM-подрядчик, как правило, не имеет собственных строителей, а осуществляет управление строительством.

Могут быть различные виды договора EPCM, например, **договор EPCM по модели генерального подряда**, когда общий размер ответственности EPCM-подрядчика ограничен суммой его собственного вознаграждения, либо частью такого вознаграждения, когда неисполнение обязательств EPCM-подрядчика вызвано его виной в форме умысла или грубой неосторожности. В структуре цены договора твёрдой величиной является только вознаграждение EPCM-подрядчика. Размер затрат, связанных со строительством, не ограничивается. Договор, как правило, содержит менее жёсткие для EPCM-подрядчика в сравнении с EPC-подрядом требования по соблюдению сроков выполнения работ.

Кроме договоров моделей EPC или EPCM может существовать множество иных моделей, которые отличаются между собой по:

- распределению ответственности между застройщиком (техническим заказчиком) и подрядчиком; способу ценообразования;

- функциональной схеме управления проектом;
- договорной схеме с субподрядчиками.

Например:

- **модель EPCS** (engineering, procurement, construction supervision – проектирование, поставки, контроль за строительством).
- **модель PCM** (project, construction management - управление строительством).

Основным документом, регламентирующим взаимоотношение между застройщиком (техническим заказчиком) и подрядчиком при любой модели управления строительством, является договор подряда, в котором отражаются права, обязанности и ответственность каждого.

Принимая во внимание тот факт, что генподрядная схема управления строительством является наиболее распространённой и в большинстве случаев предпочтительной, изложение в подразделах [1.4.](#) и [1.5.](#) функций и взаимоотношений между основными участниками строительства гидротехнического объекта дано применительно к этой схеме управления. Функции участников строительства при других схемах управления определяются договорами подряда.

1.4. Основные функции застройщика (технического заказчика), генподрядчика и генпроектировщика при генподрядной схеме управления строительством

Основными участниками строительства гидротехнического объекта при генподрядной схеме управления строительством являются: застройщик (технический заказчик), генподрядчик и генпроектировщик. Их взаимные основные права, обязанности и ответственность определяются Гражданским и Градостроительным кодексами РФ и конкретизируются в договоре подряда. При заключении договоров подряда рекомендуется распределение функций, изложенное ниже.

Застройщик (технический заказчик):

- заключает договор с генподрядчиком на строительство гидротехнического объекта;
- до начала строительства передаёт генподрядчику: копию разрешения на строительство; копии правоустанавливающих документов на земельный участок; копию градостроительного плана земельного участка;

прошедшую экспертизу и утверждённую в установленном порядке ПД; материалы инженерных изысканий в объёме ПД; вынесенные в натуру линии регулирования застройки и геодезическую разбивочную основу. Передача строительной площадки осуществляется с оформлением двухстороннего акта сдачи-приёмки;

- заключает договор с генпроектировщиком (проектной организацией) на разработку рабочей документации;
- выдаёт в производство генподрядчику рабочую документацию на строительство объектов в текущем году;
- заключает договор с генпроектировщиком (проектной организацией) на авторский надзор;
- осуществляет входной контроль поступающей рабочей документации на предмет полноты, качества и комплектности и передаёт её генподрядчику. Рабочая документация под программу работ следующего года должна быть разработана до 1 июля текущего года;
- заключает договоры с заводами-поставщиками основного гидросилового, механического и электротехнического оборудования, осуществляет его приёмку от поставщиков, хранение и выдачу в монтаж генподрядчику (специализированным монтажным организациям);
- организует получение от заводов-поставщиков оборудования конструкторской документации и передаёт её проектной организации для учёта при разработке рабочей документации;
- получает технические условия и точки подключения к внешним инженерным сетям и передаёт их подрядчику;
- осуществляет строительный контроль застройщика (технического заказчика) за ходом строительства. Участвует в приёмке ответственных конструкций, скрытых и других СМР;
- обеспечивает (финансирует) и контролирует выполнение в период строительства инженерно-геологических, геодезических, гидрологических, метеорологических и сейсмологических наблюдений;
- обеспечивает (финансирует) и контролирует работу научно-исследовательских организаций по снятию показаний приборов КИА эксплуатационного контроля и их анализу в период строительства;
- контролирует ход подготовки к затоплению ложа водохранилища и нижнего бьефа гидроузла;
- принимает и оплачивает выполненные работы. Если по каким-либо причинам застройщик (технический заказчик) напрямую заключает договор с изыскательской и/или научно-исследовательской

организацией, результаты этих работ не должны оплачиваться без их приёмки ГИПом (проектной организацией);

- несёт ответственность перед инвестором за качество выполненных СМР, сроки и стоимость строительства, надёжность и безопасность гидроузла, достижение заложенных в ПД основных параметров объекта;
- выполняет другие функции в соответствии с [1].

Генподрядчик:

- организует строительство. Осуществляет строительство всех сооружений гидроузла собственными силами и силами субподрядных строительно-монтажных, монтажных и специализированных организаций;
- обеспечивает сохранность геодезических знаков планово-высотной основы и опорной сети, знаков, закрепляющих оси сооружений и красных линий застройки, приборов КИА эксплуатационного контроля;
- осуществляет входной контроль поступающей от застройщика (технического заказчика) рабочей документации и выдачу её в производство субподрядчикам;
- заключает договоры с субподрядными строительно-монтажными, монтажными и специализированными организациями на выполнение отдельных видов и объёмов работ;
- осуществляет контроль качества всех, в том числе выполняемых субподрядными организациями, строительно-монтажных работ, создаёт службы строительного контроля выполняемых работ (техническая инспекция, строительная лаборатория, геодезическая служба и другое). Организует сдачу-приёмку ответственных конструкций, скрытых и других работ, выполненных собственными силами и субподрядными организациями;
- совместно с застройщиком (техническим заказчиком) и генпроектировщиком осуществляет приёмку выполненных субподрядными организациями работ и их оплату;
- осуществляет охрану строительной площадки объектов гидроузла, находящихся в строительстве. Несёт ответственность за их сохранность до сдачи застройщику (техническому заказчику);
- в соответствии с договорами подряда обеспечивает материально-техническими ресурсами и строительным оборудованием собственные подразделения и субподрядные организации;

- организует оперативно-диспетчерское управление строительством, осуществляет координацию деятельности всех участников строительства;
- разрабатывает ППР на работы, выполняемые собственными силами;
- обеспечивает соблюдение требований пожарной, промышленной и экологической безопасности и охраны труда всеми участниками строительства объекта;
- обеспечивает соблюдение требований по охране окружающей среды во время строительства всеми участниками строительства объекта;
- оформляет, комплектует и передаёт застройщику (техническому заказчику) исполнительную документацию;
- при строительстве объекта в глухом, необжитом районе создаёт и организует функционирование и эксплуатацию всей инфраструктуры (дороги, электроснабжение, теплоснабжение, водоснабжение и водоотведение, связь, эксплуатация зданий и сооружений и другое), необходимой для осуществления строительства до ликвидации или передачи их муниципальным и/или региональным органам;
- в соответствии с договором подряда несёт ответственность перед застройщиком (техническим заказчиком) за качество выполненных СМР, сроки строительства, соответствие основных параметров гидроузла характеристикам, заложенным в ПД;
- несёт ответственность за соблюдение сметного лимита строительства в рамках заключённого договора генподряда;
- выполняет другие функции в соответствии с [\[1\]](#).

Генпроектировщик:

- разрабатывает рабочую документацию на основании ПД в соответствии с договором и приложениями к нему, содержащими перечень комплектов чертежей, другой РД и сроки их предоставления застройщику (техническому заказчику);
- осуществляет авторский надзор за строительством на основании отдельного договора;
- заключает договоры подряда на выполнение проектных работ специализированными проектными организациями, осуществляет приёмку и оплату выполненных ими работ;
- заключает договоры подряда на выполнение инженерных изысканий, необходимых для разработки РД, ведение геотехнического контроля при

возведении грунтовых сооружений. Осуществляет приёмку и оплату этих работ;

- заключает договоры подряда с научно-исследовательскими организациями на выполнение научных исследований и опытных работ, необходимых для разработки РД. Осуществляет приёмку и оплату выполненных ими работ;
- заключает договоры с организациями, ведущими наблюдения за показаниями КИА, контролирует работу этой аппаратуры, несёт ответственность за достоверность анализа состояния сооружений;
- участвует в работе различных рабочих и приёмочных комиссий;
- в соответствии с условиями договора несёт ответственность за соблюдение сроков и стоимость выполнения проектных работ, её качество, включая работы субподрядчиков, соответствие РД утверждённой ПД;
- в соответствии с законодательством РФ несёт ответственность за надёжность, безопасность сооружений гидроузла и достижение заложенных в ПД основных показателей объекта.

1.5. Взаимоотношения между проектными, изыскательскими и научно-исследовательскими организациями в процессе проектирования и строительства гидротехнических объектов

Проектирование гидротехнических объектов основывается на инженерных изысканиях, научно-исследовательском обосновании и собственно проектировании. Лидером среди организаций, участвующих в проектировании, является генеральная проектная организация, а конкретно – главный инженер проекта (ГИП), назначаемый этой организацией из числа наиболее квалифицированных специалистов. Права и обязанности ГИПа изложены в [9]. ГИП возглавляет процесс проектирования объекта. Главный геолог проекта по своему статусу является заместителем ГИПа по инженерным изысканиям. Проектная организация, её руководители и ГИП несут ответственность за надёжность и безопасность создаваемого объекта в соответствии с законодательством РФ.

Рекомендуются следующие взаимоотношения между изыскательскими, научно-исследовательскими организациями и генпроектировщиком. Технические задания на инженерные изыскания и научно-исследовательские работы разрабатывает генпроектировщик. Программы выполнения этих работ разрабатывают организации-исполнители и согласовывают их с

генпроектировщиком. Результаты работ передаются генпроектировщику для анализа и использования при проектировании объекта.

Учитывая ответственность генпроектировщика за надёжность и безопасность создаваемого объекта, договоры на выполнение вышеназванных работ, как правило, должны подписываться между генпроектировщиком (заказчик) и изыскательской и/или научно-исследовательской организацией (подрядчик). Если по каким-либо причинам застройщик (технический заказчик) напрямую заключает договор с изыскательской и/или научной организацией, результаты этих работ также должны передаваться генпроектировщику.

На стадии строительства объекта изыскательские организации выполняют дополнительные изыскания (геологические, гидрогеологические, гидрологические, сейсмологические, топографические, экологические), необходимые для разработки РД, осуществляют приёмку основания гидротехнических сооружений и геотехнический контроль за возведением качественных насыпей. Результаты всех этих работ также должны передаваться генпроектировщику для анализа и принятия решений в процессе рабочего проектирования.

Научно-исследовательские организации на стадии строительства выполняют: научные исследования, необходимые для разработки РД (например, гидравлика водосбросов), установку КИА и мониторинг за состоянием сооружений в период строительства. Результаты этих исследований и мониторинга должны в обязательном порядке передаваться генпроектировщику для анализа и принятия решений.

1.6. Стадии проектирования гидротехнического объекта

Название стадий проектирования объектов в советский и постсоветский период было различным. Эти названия используются до сих пор. Для того чтобы знать о какой стадии проектирования идёт речь, необходимо знать эволюцию стадий проектирования объектов. Она показана в [табл. 1](#).

До 1985 г. нормативными документами СССР были закреплены следующие стадии проектирования: проектное задание, технический проект и рабочая документация. Проектное задание было предварительной стадией проектирования. Предназначение этой стадии проектирования содержится в названии. На ней определялись основные параметры гидроузла и техническая возможность его строительства. Проектное задание было необходимо для принятия решения о строительстве объекта и служило основой для

формирования технического задания к техническому проекту (ТП) объекта. Технический проект являлся основной стадией проектирования, после утверждения которого разрешалось начинать строительство объекта. Рабочая документация разрабатывалась в ходе строительства объекта. В текущем году разрабатывалась РД на год следующий. Это было необходимо для заказа и получения материально-технических ресурсов под программу следующего года. Для небольших по материальным и финансовым затратам объектов разрешалось выполнять одностадийное проектирование – рабочий проект (РП). В этом случае в составе РП выделялась утверждаемая часть, после разработки и одобрения которой начиналось строительство объекта параллельно с разработкой РД.

Таблица 1

Период	Стадии проектирования			
	до 1985 г.	Схема использования водотока (реки, участка реки)	Проектное задание	Технический проект (ТП)
	Рабочий проект (РП) (утверждаемая часть + РД)			
до 1995 г.	Схема использования водотока (реки, участка реки)	Технико-экономическое обоснование (ТЭО). Возможны ТЭР и ТЭД	Проект (П)	Рабочая документация (РД)
			Рабочий проект (РП) (утверждаемая часть + РД)	
до 01.07.2008	Схема использования водотока (реки, участка реки)	Обоснования инвестиций (ОИ)	ТЭО (проект)	Рабочая документация (РД)
			Рабочий проект (РП) (утверждаемая часть + РД)	
после 01.07.2008	Схема территориального планирования (СТП) объектов в области энергетики	Обоснования инвестиций (ОИ).	Проектная документация (ПД)	Рабочая документация (РД)
	Понятие введено Градостроительным кодексом РФ 22.12.2004.	Рекомендовано для крупных объектов ПАО «РусГидро»	На основании Постановления Правительства РФ от 16.02.2008 № 87	

После 1985 г. при разработке новых нормативных документов, регламентирующих процесс проектирования объектов, были введены новые названия стадий проектирования. Предварительная стадия проектирования стала называться технико-экономическое обоснование (ТЭО), а основная стадия проектирования – проект (П). Одностадийное проектирование для

небольших объектов – рабочий проект (РП) сохранилось. С целью сокращения стоимости и времени на проектирование небольших объектов разрешалось не выполнять предварительной стадии – ТЭО в полном объёме, а ограничиваться меньшими по объёму предпроектными проработками – ТЭР (технико-экономический расчёт) или ТЭД (технико-экономический доклад). ТЭД по стоимости и глубине разработки был меньше ТЭР. Стоимость разработки ТЭР приблизительно составляла 25 % от стоимости разработки ТЭО.

После 1995 г. были введены новые названия стадий проектирования. Предварительная стадия стала называться обоснования инвестиций (ОИ), а основная стадия проектирования – ТЭО (проект). Для того чтобы эту стадию проектирования не путали с ранее существовавшей предварительной стадией проектирования ТЭО, в скобках стали указывать, что это проект⁴. Одностадийное проектирование для небольших объектов – рабочий проект (РП) сохранилось.

Следует отметить, что в период действия всех вышеперечисленных стадий проектирования **для гидроэнергетических объектов** неофициально существовала ещё одна предварительная стадия проектирования – Схема использования водотока. Это связано с необходимостью предварительного размещения гидроузлов с ГЭС на реке (или её отдельном участке) с целью наиболее полного использования её экономически эффективного энергетического потенциала. Гидроэнергетические объекты должны быть размещены на водотоке таким образом, чтобы их водохранилища не затопляли значимые населённые пункты, объекты и территории, и в то же время мог максимально использоваться гидропотенциал реки в будущем. Необходимо иметь в виду, что со временем экономически эффективный гидропотенциал рек меняется. На водотоке могут появиться новые города, населённые пункты, на потенциально затопляемой водохранилищами территории могут быть обнаружены месторождения полезных ископаемых и выявиться другие обстоятельства, исключающие экономическую целесообразность затопления территории. Чтобы этого не произошло, проектные институты постоянно разрабатывали и уточняли схемы использования рек.

Следует разделять валовый, технический и экономически эффективный гидроэнергетический потенциал речного стока.

⁴ Автор данного пособия считает, что это было неудачное название основной стадии проектирования.

Валовый гидроэнергетический потенциал учитывает полную теоретическую сумму энергии речного стока без учёта потерь. КПД при этом принимается равным единице. Валовый гидроэнергетический потенциал речного стока крупных и средних рек России определён в сумме 2395,1 млрд кВт.ч. Валовый гидроэнергетический потенциал речного стока малых рек России – 389,9 млрд кВт.ч.

Технический гидроэнергетический потенциал речного стока – это технически возможные к использованию гидроэнергетические ресурсы, а именно, часть валового теоретического гидропотенциала речного стока, которая технически может быть использована. При определении технического гидропотенциала учитываются потери: стока, напора, испарение, холостые сбросы, КПД гидроагрегата и другое. При определении технического гидропотенциала для каждого водотока был определён коэффициент использования валового гидропотенциала K_1 .

Например, для р. Сыр-Дарья $K_1 = 0,18$; для р. Ангары $K_1 = 0,91$.

$$\mathcal{E}_{\text{техн.}} = \mathcal{E}_{\text{вал.}} K_1$$

Технический гидроэнергетический потенциал речного стока крупных и средних рек России определён в сумме 1670 млрд кВт.ч.

Экономически эффективный гидроэнергетический потенциал речного стока – это часть гидроэнергетических ресурсов, использование которых является экономически оправданным. Экономически эффективный гидропотенциал – непостоянная величина. Он зависит от энергетических, экономических, экологических и социальных условий в бассейне реки. Экономически эффективный гидроэнергетический потенциал речного стока крупных и средних рек России определён в сумме 852 млрд кВт.ч.

Эти данные были получены в результате выполнения фундаментального труда, разработанного большим авторским коллективом под руководством А. Н. Вознесенского [10]. После 1967 г. такая работа в масштабе всей страны не проводилась. Актуализировались лишь данные по отдельным водотокам.

В 2008 г. Постановлением Правительства РФ от 16.02.2008 № 87 была изменена основная стадия проектирования. Вместо ТЭО (проект) она стала называться Проектная документация (ПД). Этим документом регламентирован состав и содержание ПД. Документ вступил в силу с 01.07.2008 [5].

Введение этого названия изменило смысл и содержание термина «проектная документация». До 2008 г. под термином «проектная документация» подразумевалась любая документация, разработанная на предварительной, основной и рабочей стадиях проектирования. Теперь любую часть документации, разработанной на предварительной, основной и рабочей стадиях проектирования следует называть – проектным документом.

Ранее, с вводом в действие Градостроительного кодекса РФ, принятого Государственной думой РФ 22.12.2004, появилось понятие – схема территориального планирования (СТП) объектов [7]. Градостроительный кодекс требует разработки СТП объектов разных отраслей народного хозяйства федерального, регионального и муниципального уровня. Схему территориального планирования объектов гидроэнергетики с некоторыми допущениями можно считать предпроектной стадией.

В [табл. 1](#), приведённой выше, в качестве предпроектной стадии с 01.07.2008 указана стадия ОИ. В официальных нормативных документах РФ требования по разработке ОИ нет, однако ПАО «РусГидро» при разработке своего стандарта организации (СТО) сочло необходимым ввести эту стадию проектирования [6]. Разработка ПД для крупных объектов I и II класса требует больших затрат на проектно-изыскательские работы, поэтому логично сначала выполнить предпроектные проработки в меньшем (приблизительно в 4 раза) объёме, уточнить экономическую целесообразность и экологическую возможность строительства объекта, а затем принимать решение о разработке ПД. Работы, выполненные на стадии ОИ, в последующем используются при разработке ПД на объект.

РАЗДЕЛ 2. ПРОЕКТНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

2.1. Основные понятия

В [подразделе 1.1.](#) было пояснено, что **организация гидротехнического строительства** – это система взаимоувязанных организационно-технологических решений, мероприятий, работ, направленных на обеспечение эффективного и качественного строительства объекта спланированными темпами и в установленные сроки. **Организационно-технологические решения** — это решения по организации и технологии гидротехнического строительства, принятые в организационно-технологических документах. **Организационно-технологическими документами** являются ПОС и ППР. ПОС и ППР отвечают на вопросы: что строить, в какой очерёдности, по какой технологии, в какие сроки и какими ресурсами.

Документация по организации строительства и производству работ включает раздел «Проект организации строительства» (ПОС), разрабатываемый на стадии проектирования ПД в соответствии с [\[5\]](#) и проекты производства работ (ППР), разрабатываемые на стадии строительства объекта на основании ПОС и РД.

Запрещается осуществление строительно-монтажных работ без утверждённых ПОС и ППР. В ППР не допускаются отступления от решений ПОС без согласования с организациями, разработавшими и утвердившими его [\[1\]](#). При производстве работ не допускаются отступления от ППР без согласования с организацией, разработавшей его, и лицом, утвердившим ППР.

ПОС и ППР при строительстве объекта в сложных природных и геологических условиях, а также при возведении уникальных зданий и сооружений должны предусматривать в процессе строительства специальные меры по обеспечению прочности и устойчивости возводимых и существующих зданий, сооружений и конструкций.

2.2. Требования к проекту организации строительства (ПОС) для гидротехнического объекта

Применительно к гидротехническому строительству ПОС – это организационно-технологическая документация в которой определяются: порядок и очерёдность возведения основных сооружений и временных объектов, схема пропуска строительных расходов, тип и конструкции

временных гидротехнических сооружений, технологические схемы возведения основных сооружений и производство работ, транспортные схемы, продолжительность строительства, сроки ввода отдельных этапов строительства (пусковых комплексов) и агрегатов ГЭС, сводный календарный план строительства и другие планы (графики)⁵ строительства, план финансирования, потребность в материально-технических и трудовых ресурсах. ПОС – это раздел ПД, её важная часть. Он разрабатывается проектной организацией и утверждается вместе с ПД.

На предварительной стадии проектирования в составе Обоснований инвестиций (ОИ) разрабатывается раздел «Организация строительства», который из-за неполноты разработки по сравнению с ПОС следует называть разделом, а не ПОС.

ПОС является одним из основных разделов ПД, формирующих сметную стоимость строительства (в том числе главы 1...9 сводного сметного расчета, локальные и объектные сметные расчёты). В целях снижения риска некорректной оценки затрат на строительство гидроэнергетического объекта раздел должен выполняться в полном объёме, учитывать реальные условия строительства и предлагать технически и экономически аргументированные способы его организации. От уровня проектных решений, принятых в ПОС, в значительной степени зависят экономические показатели строительства гидроузла, его экономическая эффективность, надёжность и безопасность функционирования в течение всего жизненного цикла.

Утверждённый в составе ПД ПОС является обязательным документом для подрядных и других организаций, принимающих участие в строительстве объекта. Изменения отдельных частей ПОС, обусловленные изменением условий строительства, подлежат анализу их влияния на дальнейший ход строительства объекта. Они должны быть согласованы с генеральной проектной организацией и застройщиком (техническим заказчиком) до реализации.

⁵ План – это изображение каких-либо предполагаемых действий (выполнение объёмов работ, финансирование строительства), данное в табличной форме с привязкой ко времени (месяц, квартал, год). Слово «график» предполагает наличие линий, графического изображения действий. В связи с тем, что одновременно может использоваться форма «плана» и форма «графика», в данном пособии употребляется словосочетание «план (график)». Если в табличной форме используются только названия и цифры, этот документ следует называть «план». Если не вдаваться так глубоко в суть названия, можно говорить «календарный план» или «календарный график», что не искажает назначение документа.

ПОС разрабатывается генеральной проектной организацией или, по договору с ней, специализированной проектной организацией. Главы (параграфы) ПОС, касающиеся специальных работ, как правило, должны разрабатываться с участием специализированных проектных организаций. Стоимость разработки ПОС входит в стоимость разработки ПД.

Исходными материалами для разработки ПОС должны служить:

- характеристика района строительства: климатические условия, наличие сети автомобильных дорог, железнодорожных и водных путей, предприятий строительной индустрии, возможность использования местной рабочей силы и другое;
- материалы инженерных изысканий и данные наблюдений: метеорологических, гидрологических, гидрогеологических, геологических, сейсмологических, экологических и другое;
- материалы по проектному обоснованию объекта на предыдущих стадиях проектирования (схема территориального планирования объектов гидроэнергетики, обоснования инвестиций в строительство объекта);
- компоновка сооружений гидроузла, объёмно-планировочные и конструктивные решения зданий и сооружений, разбивка на отдельные этапы строительства и пусковые комплексы, разработанные на стадии ПД;
- директивные документы, устанавливающие сроки строительства отдельных этапов строительства и ввода агрегатов ГЭС;
- специальные требования к строительству сложных и уникальных объектов;
- сведения об условиях производства СМР на реконструируемых объектах;
- сведения о наличии строительной техники у подрядной организации, привлекаемой к строительству объекта по решению застройщика (технического заказчика);
- другие необходимые сведения, связанные со спецификой строительства объекта.

ПОС должен разрабатываться на полный объём строительства, предусмотренный ПД. При строительстве объекта отдельными этапами ПОС на первый этап строительства должен разрабатываться с учётом осуществления строительства на полное развитие.

Раздел «Организация строительства» на стадии ОИ должен выполняться в объёме, достаточном для оценки стоимости работ по укрупнённым показателям. ПОС на стадии ПД выполняется в объёме, достаточном для оценки стоимости работ по единичным расценкам.

Состав и содержание ПОС могут меняться с учётом сложности и специфики проектируемых объектов, в зависимости от объёмно-планировочных и конструктивных решений, степени унификации и типизации этих решений, необходимости применения специальных вспомогательных сооружений, приспособлений, устройств и установок, особенностей отдельных видов работ, а также от условий поставки на стройплощадку материалов, конструкций и оборудования.

Для сложных объектов и зданий, где впервые применяются: принципиально новая технология производства, не имеющая аналогов; уникальное технологическое оборудование; новые строительные конструкции, а также предприятий и сооружений, строительство которых намечается в особо сложных геологических или природных условиях, в состав ПОС дополнительно к перечисленному в [табл. А.1 и А.2 приложения А](#) включаются:

- комплексный укрупнённый план (график), отражающий взаимосвязи между всеми участниками строительства, в котором определены: продолжительность основных этапов подготовки РД и строительства объекта, состав и сроки выполнения работ подготовительного периода, очередность строительства отдельных зданий и сооружений в составе этапа работ (пускового комплекса), сроки поставки технологического оборудования;
- указания об очередности и сроках проведения необходимых исследовательских работ, испытаний и режимных наблюдений для обеспечения качества и надёжности возводимых конструкций, зданий и сооружений;
- указания об особенностях построения геодезической разбивочной основы и методах геодезического контроля в процессе строительства, а также иного инструментального контроля качества и надёжности возводимых конструкций, зданий и сооружений.

При реконструкции и техническом перевооружении действующих гидроузлов, зданий и сооружений, входящих в их состав, в ПОС следует:

- указывать состав работ, выполняемых без остановки производственного процесса, и работ, связанных с полной или частичной остановкой производственного процесса;
- устанавливать очерёдность и порядок совмещённого выполнения строительно-монтажных работ с указанием участков и цехов, в которых на время производства строительно-монтажных работ изменяются технологические процессы основного производства, а также когда строительные работы ведутся во время плановых технологических остановок основного производства;
- указывать на строительном генеральном плане: действующие здания, сооружения и инженерные сети, не подлежащие реконструкции; вновь возводимые здания, сооружения и прокладываемые сети; реконструируемые и разбираемые здания и сооружения; разбираемые и перекладываемые инженерные сети; места примыкания новых сетей к существующим; проезды по территории; направления безопасного прохода строителей;
- приводить в пояснительной записке: перечень и объёмы работ, выполняемых в стеснённых и вредных условиях; порядок оперативного руководства работами по реконструкции; мероприятия по обеспечению совместной деятельности предприятия и строительной организации; данные по услугам предприятия по созданию производственных условий для строителей, внутривозовским и внутрицеховым грузоподъёмным и транспортным средствам предприятий, передаваемым строителям на период реконструкции; мероприятия по пожаро- и взрывобезопасности; меры, обеспечивающие устойчивость сохраняемых конструкций при выполнении монтажных и демонтажных работ; категорию и объём образующихся отходов строительного производства.

При строительстве объектов *в суровых природных условиях* в ПОС дополнительно к требованиям [табл. А.1 и А.2 приложения А](#) должна учитываться возможность воздействия на подготовку, организацию и осуществление строительства следующих физических, географических и экономических факторов:

для северной строительно-климатической зоны:

- продолжительность периодов времени года с низкими температурами воздуха, сильными ветрами и снежными заносами, а также малой естественной освещённостью территории;

- многолетнемёрзлые грунты;
- отдалённость объектов строительства от промышленно развитых центров и баз централизованного материально-технического снабжения;
- зависимость доставки материально-технических ресурсов от навигационных (сезонных) режимов на внутренних водных путях и морских каботажных линиях;
- ограниченность местных источников энергии;
- необходимость применения специальных видов транспорта;
- повышенная подверженность экологических систем воздействию хозяйственной деятельности и их трудная восстанавливаемость, а также необходимость ликвидации отходов, не утилизируемых в производстве; утилизации элементов, содержащихся в сточных водах и выбросах в атмосферу, их очистки, обеззараживания и улавливания;
- сложность организации строительной площадки в заболоченных и подтопляемых районах;
- необходимость регулирования температуры бетонной смеси и установки, необходимые для этого регулирования;
- сложность организации санитарно-бытового обеспечения работников;

для горных и высокогорных районов:

- пониженное барометрическое давление, требующее соблюдения специальных адаптационных режимов работы строителей;
- шквалистые ветры и повышенная молниеопасность;
- лавинные, селевые, обвальные и оползневые явления;
- труднодоступность территории (большие уклоны, перепады отметок);

для пустынных и полупустынных районов и районов с особо жарким климатом:

- высокие дневные температуры наружного воздуха;
- отсутствие на больших территориях местных источников водоснабжения и в связи с этим необходимость выполнения специальных мер по очистке, опреснению, транспортированию, охлаждению и хранению воды;
- необходимость соблюдения мероприятий по сохранению растительного покрова слабоустойчивых песчаных грунтов;
- необходимость регулирования температуры бетонной смеси и установки, требуемые для этого регулирования.

При строительстве объектов в районах с *опасными геологическими процессами* в ПОС кроме требований [табл. А.1 и А.2 приложения А](#) должны учитываться следующие требования:

- при осуществлении строительства объектов, возводимых на грунтах с особыми свойствами (просадочные, набухающие и тому подобное), следует обеспечивать первоочередное выполнение специальных мероприятий по организации водоотвода, устройству и эксплуатации систем временного водоснабжения, предупреждающих неорганизованное замачивание грунтов, а также по систематическому контролю за просадками и их предупреждению;
- при осуществлении строительства объектов, расположенных в районах многолетнемерзлых грунтов, следует предусматривать решения по порядку, срокам и технологии выполнения работ с учётом прогноза изменения температурных, мерзлотно-грунтовых и гидрогеологических условий в процессе разработки грунта, выполнения строительномонтажных работ и эксплуатации сооружений.

При строительстве объектов *в особых природных условиях* ПОС кроме материалов, указанных в [табл. А.1 и А.2 приложения А](#), должен содержать:

для противооползневых и противообвальных защитных сооружений:

- прогноз активности и интенсивности оползневых и обвальных процессов на период строительства;
- мероприятия по обеспечению устойчивости склонов и откосов на период строительства защитных сооружений;
- календарный план (график) строительства, составленный с учётом строгой очередности и сроков выполнения всех работ в зависимости от необходимости окончания или временного прекращения земляных работ до наступления дождливых периодов года;
- решения по размещению грунта и его складированию, не допуская устройства отвалов в оползневой зоне;
- решения по организации водоотвода, водопонижения и специальным способам закрепления грунтов;

для противоселевых защитных сооружений:

- решения по пропуску в необходимых случаях паводков и селевых потоков через недостроенные сооружения с обеспечением их сохранности;
- решения по обоснованной сезонности выполнения отдельных видов работ с учётом местных условий;
- указания в календарном плане строительства о сроках возможного образования селевого потока по прогнозам материалов изысканий;
- рекомендации по размещению пунктов службы наблюдения за образованием селевых потоков и обеспечению их устойчивой связью с диспетчерским пунктом строительства;
- решения по размещению в безопасной зоне объектов производственной базы, жилого посёлка и подъездных путей, а также возможных путей эвакуации людей и строительной техники;
- требования к режиму производства работ в селеопасный период.

В ближайшей перспективе строительство гидроэнергетических объектов предполагается в горных районах Северного Кавказа, Сибири и Дальнего Востока. Это требует выполнения качественных инженерных изысканий для выявления селеопасных, потенциально оползневых участков, а в последующем – разработку в ПД противоселевых и противооползневых мероприятий. Следует констатировать, что методы защиты от селей и оползней недостаточно отражены в существующей технической литературе.

Селевой поток может разрушить здания, сооружения и привести к гибели людей в месте его прохождения, а также перегородить бытовое русло с созданием подпора выше по течению реки. Для защиты от селей необходимо:

- выявить селеопасные участки на стадии инженерных изысканий;
- не проектировать и не возводить какие-либо здания и сооружения в местах прохождения селевых потоков;
- организовать постоянное наблюдение за состоянием селеопасных участков, расположенных вблизи гидроузлов;
- создать селезащитные дамбы, ловушки и другие защитные сооружения.

В качестве негативного примера можно привести случай, когда на строительстве Головной Зарамагской ГЭС сошедший сель привёл к гибели людей и разрушению временного поселка в районе гидроузла.

Оползни могут: разрушить здания, сооружения, находящиеся на нём или ниже его по отметкам; перегородить бытовое русло реки с созданием подпора и затоплением здания ГЭС, расположенного выше по течению; перегородить (разделить на две части) водохранилище гидроузла с созданием опасности непредсказуемого прорыва и гидродинамической аварии; выплеснуть через плотину большое количество воды с катастрофическими последствиями. Возможные мероприятия для защиты от оползней:

- выявить оползневые участки на стадии инженерных изысканий;

- разгрузить оползень, сняв верхнюю часть оползневого участка, и сделать откос более пологим;
- выполнить подпорную насыпь у основания оползня;
- закрепить оползень (при возможности) предварительно напряжёнными анкерами или буронабивными сваями к устойчивой части массива;
- выполнить обход оползневого участка с помощью туннеля, выполняемого за пределами оползня;
- организовать мониторинг за состоянием оползней, расположенных вблизи гидроузлов;
- выполнить другие возможные защитные сооружения.

Можно привести следующие примеры.

На Головной Зарамагской ГЭС для отвода реки в случае схода оползня был спроектирован и построен туннель.

При наполнении водохранилища Зарамагской ГЭС дорога вдоль левого берега стала оползать, образовались трещины. Для ликвидации оползневых процессов было выполнено крепление буронабивными сваями с зацеплением за устойчивый скальный массив.

При наполнении водохранилища Гоцатлинской ГЭС дорога вдоль левого берега, соединяющая три района горного Дагестана, стала оползать, в нескольких местах появились трещины. Было остановлено движение, создана сеть наблюдательных марок, выполнены мероприятия по закреплению и стабилизации оползней. Движение было восстановлено через месяц.

Крупная авария произошла 9 октября 1963 г. на плотине Вайонт в Италии. В водохранилище ёмкостью 169 млн м³ обрушился оползень объёмом 240 млн м³. Более 50 млн м³ воды выплеснулось через плотину. Волна высотой 90 м за 15 минут смыла несколько населенных пунктов, погибло более 2 тыс. человек.

При проектировании Богучанской ГЭС на правом берегу в створе гидроузла был обнаружен потенциально неустойчивый массив. Для предотвращения схода оползня этот массив был разгружен (срезана его верхняя часть), а в основании подпёрт отсыпанной грунтовой призмой.

В декабре 2018 г. произошло обрушение оползня в водохранилище Бурейского гидроузла на территории Хабаровского края, в результате чего водохранилище было разделено оползнем на две части. Расстояние от створа гидроузла до места обрушения по реке – 120 км. Протяжённость завала по его гребню составила 740 м при ширине от 180 до 500 м. Высота завала над уровнем водохранилища была до 60 м. Отметка верха оползня-перемычки колебалась от отм. 258,0 м до отм. 311,1 м, то есть значительно выше НПУ. Примерный объём сошедшего скального массива по разным оценкам составил 25–34 млн м³, из них 4,0–4,5 млн м³ находилось выше поверхности водохранилища. Глубина водохранилища в районе оползня на дату события составляла 65 м. Это создало угрозу затопления населённого пункта Чекунда, расположенного в 70 км выше оползня, и риск подтопления инженерных сооружений Байкало-Амурской магистрали. В 113 км выше по водохранилищу от оползня находился железнодорожный и автодорожный мост через р.

Буря в районе посёлка Новый Ургал. В кратчайший срок за полтора месяца в оползне был выполнен канал длиной 240 м, шириной 100–150 м, глубиной более 23 м [\[11\]](#).

Рекомендуемый состав и содержание раздела «Организация строительства» для стадии проектирования ОИ и ПОС для стадии ПД приводятся в [приложении А](#). Рекомендуемый состав пояснительной записки приведён в [табл. А.1](#), а комплектов чертежей в [табл. А.2 приложения А](#).

РАЗДЕЛ 3. СОДЕРЖАНИЕ ГЛАВ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ ПРОЕКТА ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА И КРАТКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

Введение.

Во введении указывается на основании каких распорядительных документов разработана ПД и данный ПОС, например: Постановление Правительства РФ, протокол совета директоров инвестора и/или застройщика (технического заказчика), договор между застройщиком (техническим заказчиком) и генпроектировщиком и так далее. Здесь также приводятся сведения о разработчиках глав ПОС. Это могут быть ФИО работников и названия отделов генпроектировщика или субпроектировщика, разрабатывающего главы (параграфы) по отдельным видам работ.

Общие данные по гидроузлу.

Приводятся краткие сведения о гидроузле, его местоположении, основных параметрах и назначении.

3.1. Глава 1. Характеристика условий и общие вопросы организации строительства

В данной главе содержатся данные, необходимые для разработки ПОС.

3.1.1. Краткая характеристика природных условий

В этом параграфе приводятся данные, полученные в результате инженерных изысканий, выполненных в соответствии с [\[12\]](#).

3.1.1.1. Инженерно-гидрометеорологические условия, ледовый и термический режим

Приводятся: климатические характеристики района строительства гидроузла (температуры наружного воздуха: максимальная, минимальная, среднегодовая, среднемесячные и другое; скорость и направление ветра, роза ветров, величина осадков, толщина снежного покрова и так далее); общие сведения о бассейне реки; гидрологические характеристики (гидрологическая изученность, водный режим, графики связей расходов и уровней воды, годовой сток и его внутригодовое распределение, максимальные расходы воды, гидрографы половодья и паводков, расходы требуемых вероятностей превышения для строительного периода, расчётные расходы – основной и поверочный с гарантийной поправкой, минимальные расходы воды, твёрдый

сток, термический и ледовый режимы, химический состав воды); необходимые табличные и графические приложения.

3.1.1.2. Инженерно-геологические, топографические, сейсмические и экологические условия

Приводятся необходимые для разработки ПОС сведения на основании выполненных инженерно-геологических карт, геофизических и гидрогеологических исследований. В области распространения многолетнемёрзлых грунтов даются данные геокриологических исследований. Указываются местоположения месторождений местных грунтовых строительных материалов, их запасы и физико-механические свойства. Приводятся физико-механические свойства грунтов в пределах области взаимодействия сооружений гидроузла с основанием.

Излагаются краткие сведения о выполненных топографических работах и топографических картах требуемого масштаба для разработки ПОС.

Приводятся общие сведения о сейсмичности района строительства гидроузла, уровне его сейсмической опасности, характеризуемой баллами шкалы MSK-64 для землетрясений уровня ПЗ и МРЗ, данные по микросейсморайонированию (если оно проводилось) и другие данные изысканий, выполненных в соответствии с [12].

На основании инженерно-экологических изысканий, выполненных в соответствии с [12], даются данные по экологии, необходимые для разработки главы 11 ПОС «Мероприятия по охране окружающей среды в период строительства».

Влияние природных условий на организацию строительства. Организация гидротехнического строительства в гораздо большей степени, чем промышленное и гражданское строительство, зависит от природных условий.

Гидроузлы сооружаются в самых разнообразных ***топографических условиях***, от которых зависят компоновка гидроузла, состав и тип сооружений. Если на равнинной местности возможно компактное размещение на строительной площадке всех подсобных предприятий, посёлков строителей и эксплуатационников вблизи основных сооружений, то в горных условиях это не всегда удаётся, а при деривационных схемах практически невозможно. Топографические условия определяют тип внутрипостроечных и подъездных дорог. Часто невозможно применить железнодорожный транспорт. Для отдельных объектов нерациональным может стать и автомобильный, а предпочтительным оказаться транспортёрный, канатный или трубопроводный транспорт.

Геологические условия, как и топографические, определяют состав, типы и конструкцию основных сооружений гидроузла, возможность получения местных

строительных материалов, виды и характер работ, которые обуславливают то или иное оснащение средствами механизации и, следовательно, тот или иной характер и состав производственной базы. Средства механизации, необходимые при одних геологических и топографических условиях, неприменимы при других. При крутых скальных склонах приходится выполнять скалолазные работы, обирать и укреплять склоны, чего не требуется в равнинных местностях. В районах вечной мерзлоты имеются свои специфические условия работы. Геологические условия сильно влияют на организацию подземных работ.

Гидрологические условия реки, на которой возводится гидроузел, характер её гидрографа, величина и периоды паводков и минимальных расходов, колебания горизонтов воды в реке, время наступления ледоставов и ледоходов, пропуск расходов реки в различные этапы строительства (строительные расходы) являются одними из основных факторов, часто определяющих компоновку гидроузла, организацию и его ход строительства.

Климатические условия также играют огромную роль в организации гидротехнического строительства. В зависимости от климатических условий предусматривают целый ряд мероприятий. От них в значительной степени зависит производительность труда и стоимость строительства, особенно в северных условиях. Большое внимание следует уделять надлежащей организации зимней укладки бетона, устройству глинистого ядра или экрана грунтовых плотин. При работе в тяжёлых климатических условиях (дождь, мороз, ветер, туман, снежные и песчаные заносы) отмечаются простои рабочих и механизмов (до 20 % рабочего времени в северных районах России [13]), снижается производительность труда из-за стеснённости движений работающих в тёплой и защитной одежде и ввиду необходимости периодического обогрева работающих зимой. При очень низких отрицательных температурах воздуха (в зависимости от климатического исполнения машин и механизмов) прекращается работа механизмов во избежание аварий из-за хладноломкости металла. При сильном ветре запрещается работа кранов. При низких температурах воздуха и сильных ветрах происходит удорожание работ в связи с расходами на увеличение заработной платы рабочих, на устройство и эксплуатацию отопительных систем, на обогрев рабочих, на устройство тёплых стоянок автомашин и строительной техники, на очистку дорог и строительных площадок от снега, на подогрев воды, заполнителей бетонной смеси и уложенного бетона, на разработку мёрзлых грунтов, на возведение земляных насыпей при морозах и тому подобное.

При организации строительства в условиях жаркого климата также необходимо учитывать специфические особенности. При высоких температурах воздуха и действии солнечной радиации снижается производительность труда рабочих и некоторых механизмов. Кроме того, требуется проведение технологических мероприятий при производстве работ (охлаждение компонентов бетонной смеси, охлаждение и защита уложенного бетона от действия солнечной радиации и тому подобное). При строительстве грунтовых плотин с глинистым ядром или экраном необходимо предусматривать защиту их от высыхания, а при сильных дождях – от переувлажнения.

Строительство гидротехнических сооружений должно быть организовано таким образом, чтобы нанести минимально возможный ущерб *экологии района строительства*, а после окончания строительства должна быть выполнена рекультивация карьеров,

площадок размещения ликвидированных временных зданий и сооружений и тому подобное.

При разработке ПОС и ППР при организации строительства гидроузлов необходимо учитывать все эти факторы.

3.1.2. Строительно-хозяйственные условия района строительства

Гидротехнические объекты сооружаются, как правило, в глухих, труднодоступных и необжитых местах. В целях максимального использования местных условий, сокращения сроков и стоимости строительства должны быть максимально использованы строительно-хозяйственные условия предполагаемого района строительства. С этой целью при разработке ПОС должны быть изучены его возможности на основании всех источников информации, включая обследование на местах.

В данном параграфе даётся описание существующих транспортных связей, возможных к использованию для доставки строительных грузов, техники, оборудования и рабочей силы:

- автомобильных дорог (категория, протяжённость, несущая способность мостов, качество покрытия, необходимость реконструкции);
- железных дорог (удаление от площадки строительства ближайшей железнодорожной станции, наличие прирельсовых площадок и складов, возможность их использования и/или расширения);
- водного транспорта (судоходность, глубины, возможная грузоподъёмность речных судов, ближайшие порты, возможность их использования и/или расширения);
- воздушного транспорта (существующие ближайшие аэропорты и возможность их использования).

Кроме этого, составляется перечень имеющихся в районе строительства предприятий стройиндустрии: цементные заводы, деревообрабатывающие и домостроительные предприятия, заводы сборного железобетона и другое, их производительность и возможность использования.

Приводятся данные о наличии местной рабочей силы, возможности использования незанятого населения на строительстве гидроузла и временного расселения привлечённой рабочей силы.

3.1.3. Компонировка и краткая характеристика основных сооружений гидроузла

В данном параграфе описывается принятый в ПД вариант компоновки основных сооружений гидроузла, состав и краткое описание типа и конструкции каждого сооружения (плотина, здание ГЭС, водосбросные сооружения, строительные и эксплуатационные туннели, пристанционная площадка, другие сооружения). Это делается для удобства застройщика (технического заказчика), генподрядчика и других пользователей ПОС. В конце параграфа в табличной форме приводятся проектные объёмы работ по каждому сооружению отдельно и по гидроузлу в целом.

Компоновка, состав основных сооружений и схема пропуска строительных расходов выбираются с учётом топографических, инженерно-геологических условий створа гидроузла и гидрологического режима реки. Правильно выбранная компоновка основных сооружений гидроузла и схема пропуска строительных расходов являются залогом успешного, эффективного строительства объекта.

Компоновки гидроузлов и их влияние на организацию строительства. Окончательная компоновка гидроузла определяется при проектировании путём технико-экономического сравнения различных вариантов. Компоновка очень существенно влияет на организацию строительства гидроузла, сроки и стоимость строительства в целом. При прочих равных условиях, чем меньше срок строительства, тем меньше окончательная стоимость гидроузла. Подчас экономически выгоднее не тот вариант, при котором меньше сметная стоимость строительства, а тот, срок строительства которого меньше и сооружения которого легче построить. Это происходит потому, что сокращаются условно постоянные затраты на строительство гидроузла и омертвление вложенного капитала, раньше начинают окупаться затраты на строительство. По этой причине на этапе вариантного определения компоновки гидроузла должны прорабатываться схемы перекрытия, пропуска строительных расходов и схемы возведения всех сооружений с определением сроков строительства.

При всём многообразии компоновок, существенно отличающихся для каждого конкретного гидроузла в связи с отличием топографических, геологических, климатических и других особенностей района строительства, можно выделить несколько основных типов компоновок.

Гидроузлы на равнинных реках с низкими берегами на нескальных основаниях имеют сравнительно невысокие плотины, состоящие из глухой части (обычно грунтовой плотины) и водосливной бетонной части. Здание ГЭС входит в состав общего напорного фронта. Если река судоходная, то в состав сооружений входит судоходный шлюз с подходными каналами и аванпортами. Гидроузлы на равнинных реках имеют либо русловую, либо пойменную компоновку. Организация строительства при этих компоновках существенно отличается.

Русловая компоновка гидроузла на равнинной реке. При русловой компоновке все сооружения располагаются в русле реки между берегами. Бетонные водопропускные сооружения или их часть возводят под защитой сооружаемых в русле реки перемычек 1-й очереди, которые сужают бытовое русло и отгораживают будущий котлован. Строительные расходы в это время пропускаются по стеснённому перемычками 1-й очереди руслу. После возведения бетонных водопропускных сооружений до отметок, позволяющих пропустить через них строительные расходы, перемычки 1-й очереди разбирают и отсыпают перемычки 2-й очереди, которые отгораживают остальную часть русла. Эти перемычки примыкают к разделному устью, возведённому в первую очередь. Под защитой перемычек 2-й очереди возводятся остальные сооружения напорного фронта гидроузла. Если в котловане 1-й очереди размещаются все бетонные сооружения, то можно не создавать перемычки 2-й очереди, а возводить грунтовую плотину с отсыпкой её нижней части «в воду» под защитой каменного банкета.



Рис. 3. Панорама Зейской ГЭС

Пойменная компоновка гидроузла на равнинной реке. При пойменной компоновке бытовое русло не сужается перемычками 1-й очереди. Такая компоновка применима на реках, имеющих достаточно широкую и низкую пойму, на которой возводятся бетонные сооружения. Котлован бетонных сооружений защищается невысокими перемычками, возводимыми насухо, а строительные расходы пропускаются по нестеснённому руслу. После возведения бетонных сооружений до отметок, позволяющих пропустить строительные расходы, разбирают «щелики», оставленные в подводящем и отводящем каналах. Строительные расходы переключают на созданный водоотводящий тракт, а основное русло перекрывают перемычками для возведения плотины (преимущественно грунтовой). В данном случае возможны как вариант с перемычками и возведением плотины

«насухо», так и вариант отсыпки нижней части плотины «в воду» под защитой каменных banquetов.



Рис. 4. Саяно-Шушенская ГЭС



Рис. 5. Панорама Богучанской ГЭС

На горных реках с высокими скальными берегами применяются русловые, береговые или деривационные компоновки. При строительстве гидроузлов на многоводных реках с широким руслом и плотинами средней (50–90 м) и большой (более 100 м) высотой, как правило применяется русловая компоновка. Необходимым условием для её применения является достаточная ширина русла, позволяющая разместить водосбросные бетонные сооружения в котловане 1-й очереди и пропустить строительные расходы через суженное русло при разумной высоте перемычек 1-й очереди. В качестве примера можно привести Зейскую (рис. 3), Саяно-Шушенскую (рис. 4), Богучанскую ГЭС (рис. 5). При бетонной плотине здание ГЭС, как правило приплотинное, располагается сразу за станционной частью плотины. Часть бетонной плотины строится водосливной для пропуска строительных и эксплуатационных расходов.

Береговая компоновка [14]. При относительно узком русле и невозможности использовать русловую компоновку применяется береговая компоновка. Пропуск строительных расходов при этой компоновке осуществляется через создаваемые строительные туннели, шахты или водосбросные каналы. Здание ГЭС в этом случае проектируют либо открытым, расположенным на одном из берегов, либо подземным. В русле, как правило, сооружаются грунтовые плотины. При бетонной плотине возможно приплотинное здание ГЭС.



Рис. 6. Зарамагская ГЭС-1

Деривационная компоновка. На горных реках с большими уклонами сооружают деривационные гидроузлы, которые могут иметь как низкие плотины в голове объекта, служащие для обеспечения забора воды из реки, так и высокие, создающие водохранилища для сезонного или многолетнего регулирования. При низких плотинах деривация устраивается, как правило, безнапорной в виде открытых каналов, безнапорных туннелей или их сочетаний в зависимости от топографических и геологических условий. При

высоких плотинах с большими сработками горизонта верхнего бьефа деривация создаётся в виде напорных туннелей. Для создания большого напора длина деривации иногда достигает 20–30 км. В обоих случаях деривация в конце переходит в напорные туннельные водоводы, либо открыто проложенные по склону в районе здания ГЭС, либо в виде вертикальных и наклонных шахт. Здания ГЭС могут быть как открытыми, так и подземными. Отводящий от ГЭС тракт может быть открытым, в виде канала, либо подземным в виде туннеля, как правило безнапорного. В качестве примера можно привести уникальную для России Зарамагскую ГЭС-1, имеющую длину деривационного туннеля 14 296 м, напор 609,4 м, две ковшовые гидротурбины по 176,5 МВт каждая ([рис. 6](#)). Деривационными также являются Аушигерская и Кашхатау ГЭС ([рис. 7](#)).



Рис. 7. Напорный водовод и уравнильный резервуар Кашхатау ГЭС

Очевидно, что разные компоновки, типы плотин и других основных сооружений гидроузла требуют различной организации строительства. Для возведения бетонных сооружений и бетонных плотин требуется одна технология, машины, механизмы и подсобные предприятия, а для грунтовых плотин – другие, при наличии туннелей и подземных выработок – третьи. Организация строительства деривационных гидроузлов коренным образом отличается от организации строительства приплотинных гидроузлов. Всё строительное хозяйство приходится делать децентрализованным. Особое значение приобретает организация транспорта и связи. По-иному должны размещаться подсобные предприятия и жилые посёлки строителей и эксплуатационников гидроузла. Если длина

туннелей превышает 3 км, приходится создавать промежуточные забои с помощью подходных туннелей или шахт и организовывать соответствующие хозяйства [\[14\]](#).

3.1.4. Основные положения организации строительства

В данном параграфе для удобства застройщика (технического заказчика), генподрядчика и других пользователей кратко, в концентрированном виде даются сведения об этапах строительства, очередности строительства объектов и указываются сроки строительства.

3.1.5. Стройгенплан и транспорт строительства

В данном параграфе приводятся необходимые для разработки ПОС и обоснования стоимости строительства гидроузла данные по транспортной схеме строительства, автомобильным дорогам, стройгенплану и размещению объектов производственной базы. Отдельно описываются решения по доставке тяжеловесных и негабаритных грузов.

3.1.5.1. Транспортная схема

Дается схема района строительства с указанием всех строительных площадок, баз строительства, дорог и внутрипостроечного транспорта (автомобильный, железнодорожный, водный, канатный, конвейерный, трубопроводный и другой, при наличии [\[15\]](#)). Излагаются сведения о возможных источниках получения местных и привозных строительных материалов, изделий и конструкций. Описывается схема внешних транспортных связей строительства, по которым будет осуществляться поставка необходимых грузов.

3.1.5.2. Автомобильные дороги

Приводится схема существующих, реконструируемых и проектируемых автомобильных дорог и мостов с указанием их характеристик и объемов работ.

3.1.5.3. Стройгенплан

Приводится ситуационный план строительства. Дается описание стройгенплана для подготовительного, характерных этапов основного периода строительства (до перекрытия русла реки, после перекрытия до пуска первых агрегатов, после пуска первых агрегатов) и обоснование размещения объектов производственной базы в районе строительства. Рекомендуемые комплекты чертежей к данному параграфу приведены в [табл. А.2 приложения А](#).

Требования к разработке строительного генерального плана. Разработка стройгенплана при выбранном створе гидроузла должна начинаться с выбора площадок для размещения предприятий строительной базы, временного и постоянного поселков, изыскания карьеров местных строительных материалов. Выбор площадок необходимо осуществлять с учётом топографических и инженерно-геологических условий района строительства гидроузла, транспортных связей строительной площадки с сетью внешних дорог и удобств внутривозрастной транспортной схемы. Всегда следует размещать объекты производственной базы строительства ближе, насколько это возможно, к котловану основных сооружений, что обеспечит поточность технологических процессов возведения основных сооружений и исключит возможность появления встречных и пересекающихся транспортных потоков.

Местоположение карьеров строительных материалов: песка, гравия, камня, суглинка или глинистых материалов определяется по результатам инженерно-геологических изысканий. При прочих равных условиях следует выбирать карьеры, наиболее близкие к объектам потребления.

Выбор местоположения поселка строителей является одной из наиболее ответственных задач. С одной стороны, поселок строителей должен быть максимально приближен к местам производства работ: котловану основных сооружений, объектам производственной базы, требуя минимального времени на поездку рабочих к местам работы. С другой стороны, поселок должен быть расположен в наиболее комфортабельных условиях: с выходом к реке или к зоне создаваемого водохранилища, вблизи леса, то есть в наиболее благоприятных природных и санитарно-гигиенических условиях. Выбор территории для поселка является первоочередной задачей, так как до начала любых строительных работ должны быть расселены первые группы строителей. Территория поселка должна иметь размеры, достаточные для размещения всего жилого фонда, социально-бытовых и культурных учреждений, и, кроме того, располагать резервом для возможного его развития.

Геодезической основой стройгенплана обычно служат материалы съёмки масштабов: 1:1000, 1:2000, 1:5000, а иногда и 1:10 000. На стройгенплане показывают контуры основных сооружений гидроузла, коридоры постоянных линий электропередачи, плановое положение временных гидротехнических сооружений (перемычки, каналы и туннели для пропуска строительных расходов и тому подобное), объекты производственной базы, карьеры, посёлки, внутривозрастные и межвозрастные автомобильные и железные дороги, магистральные транспортные линии, канатные дороги, сети водопровода, канализации, теплотрассы, электрические сети и тому подобное.

Для характеристики местоположения сооружаемого гидроузла, ситуации района строительства и его внешних связей составляют ситуационный план строительства. На нём указываются: расположение предприятий материально-технической базы и карьеров; жилых поселков; внешних путей и дорог (с указанием их длины и категории), станций примыкания к путям РЖД, речных и морских причалов; линий связи и электропередачи. На ситуационном плане наносятся границы: территории возводимого объекта и примыкающих к ней участков существующих зданий и сооружений; вырубки леса; участков, временно отводимых для нужд строительства; эксплуатационных и

строительных участков; отвода и затопления территорий; обводные каналы и временные мосты. В связи с тем, что ситуационные планы охватывают значительные территории, они выполняются в сравнительно мелких масштабах 1:10 000, 1:25 000, 1:50 000.

При составлении стройгенплана разрабатываются чертежи по горизонтальной и вертикальной планировке обычно отдельно для района строительной базы, поселка и основных сооружений гидроузла. В чертежах по горизонтальной планировке решаются вопросы горизонтальной привязки и координирования всех объектов строительной площадки. Привязка элементов зданий и сооружений должна осуществляться к общегосударственной координатной сетке или к условной координатной сетке, принятой для данного строительства, которую иногда называют строительной. В чертежах по вертикальной планировке должны решаться вопросы создания проектного рельефа площадки и высотного размещения зданий и сооружений. Назначение отметок при вертикальной планировке должно обеспечить наименьший объём земляных работ. Вертикальная планировка должна решать вопросы водоотвода поверхностных вод с территории строительства.

При компоновке объектов производственной базы следует руководствоваться следующими основными предпосылками:

- бетонное хозяйство всегда следует размещать предельно близко к котловану бетонных сооружений, чтобы сократить дальность транспортировки бетонной смеси. Это хозяйство является источником наибольшего пылеобразования, поэтому его местоположение следует определять с учётом направления господствующих ветров;
- заводы и полигоны сборного железобетона следует размещать на одной площадке с бетонным хозяйством, что позволит избежать дополнительных перевозок бетонной смеси;
- дробильно-гравийсортировочное хозяйство с одной стороны связано с карьерами добычи камня и песчано-гравийной смеси, с другой – с бетонным хозяйством. По этой причине местоположение названных объектов должно определяться на основании технико-экономического сравнения различных решений. Если дробильно-гравийсортировочное хозяйство размещается на территории строительной базы, то его следует компоновать в единую технологическую схему с бетонным хозяйством, что способствует объединению складов заполнителей этих хозяйств;
- ремонтно-механическое хозяйство и автомобильные базы следует размещать на одной площадке. Необходимо учитывать их будущее использование после завершения строительства гидроузла. Аналогичный подход следует применять и к базам материально-технического снабжения;
- площади складских помещений, открытых площадок для хранения материалов, оборудования и оснащение их крановым и другим оборудованием определяются объёмом материалов и оборудования в пиковый период строительства;
- базы специализированных субподрядных организаций следует размещать ближе к местам их работ. Базы гидромеханизации - к намывным сооружениям или к местам разработки карьеров; базы цементационных работ - в районе сооружения цементационных завес; базы подземных работ – вблизи строительства подземных

сооружений; базы монтажа технологического оборудования - рядом с монтажной площадкой ГЭС и/или ОРУ и так далее;

- деревообрабатывающие хозяйства следует размещать на периферии площадки с учётом возможного расширения;
- базу главного энергетика, временные дизельные электростанции следует компоновать в едином комплексе с главной понизительной подстанцией. Компрессорные станции следует размещать ближе к местам наибольшего потребления воздуха;
- котельные и асфальтобетонное хозяйство следует размещать на периферии строительной площадки, желательно с подветренной стороны;
- склады горючесмазочных материалов, автозаправочные станции следует размещать либо на въездах/выездах на строительную площадку, либо вблизи автомобильных баз. Нужно стремиться создать единый технологический процесс следования автомобильного транспорта на автобазу: заправка - мойка – автобаза;
- склады взрывчатых веществ следует размещать за пределами строительной площадки. Это расстояние регламентируется нормативными документами;
- водозаборные сооружения хозяйственно-питьевого водоснабжения из поверхностных источников должны располагаться выше створа гидроузла и обязательно выше площадки строительной базы;
- при компоновке основных сооружений на обоих берегах на одном берегу следует поместить основную строительную базу, а на другом организовать только участковые хозяйства. Связь между берегами в зависимости от интенсивности движения осуществляется либо паромной переправой, либо по временному мосту.

Разработка строительных генеральных планов выполняется для подготовительного и характерных этапов основного периодов строительства (до перекрытия русла реки, до пуска первых агрегатов, при достройке основных сооружений гидроузла). На стройгенпланах указывается: расположение постоянных и временных, в том числе мобильных (инвентарных) зданий и сооружений; постоянных и временных железных и автомобильных дорог и других путей для транспортирования оборудования (в том числе тяжеловесного и крупногабаритного), конструкций, материалов и изделий; путей для перемещения кранов большой грузоподъёмности; инженерных сетей, мест подключения временных инженерных коммуникаций к действующим сетям с указанием источников обеспечения стройплощадки электроэнергией, водой, теплом, паром; складских площадок; основных монтажных кранов и других строительных машин, механизированных установок; существующих и подлежащих сносу строений, мест для знаков закрепления разбивочных осей зданий и сооружений.

Одновременно с разработкой стройгенплана и организацией строительной площадки должны решаться внутриплощадочные транспортные схемы, транспортные развязки, трассировка основных транспортных магистралей. Автомобильные дороги подразделяются на автодороги общей сети, подъездные промышленных предприятий, внутривозовские или внутриплощадочные, карьерные, городские и специального назначения. В зависимости от интенсивности движения или грузонапряжённости в гидротехническом строительстве применяются автомобильные дороги практически всех категорий.

3.1.5.4. Перевозка тяжеловесных и негабаритных грузов

Даётся описание каким образом будет осуществляться доставка тяжеловесных и негабаритных грузов, а именно: каким путём, каким транспортом, какие дополнительные объекты потребуются возвести (причалы, объездные пути, мосты и другое). Разработка этого параграфа в настоящее время осложняется отсутствием на стадии ПД конкретных заводов-изготовителей. Они определяются по результатам конкурсов после разработки ПД. В советский период заводы-изготовители были известны на стадии П.



Рис. 8. Бурейская ГЭС с работающим холостым водосбросом

Заводы-изготовители основного гидросилового и электротехнического оборудования (турбины, генераторы, трансформаторы), как правило, находятся за тысячи километров от места строительства гидроузла. Особенно это характерно для России. Рабочие колёса гидротурбин, трансформаторы крупных ГЭС имеют большой единичный вес и большие габариты, поэтому их доставка к месту строительства является проблемой, требующей специального проектирования и больших затрат. При невозможности их доставки железнодорожным транспортом из-за большого веса или габаритов, доставка осуществляется водным путём. В этом случае разрабатывается документация по их доставке от завода-изготовителя до ближайшего речного или морского порта, доставке морским и/или речным транспортом до ближайшего к месту строительства порта или специально создаваемому причалу, а далее – непосредственно на ГЭС. Если доставка осуществляется по Северному морскому пути, то она зависит от навигационного периода и может продолжаться не один месяц. Доставка тяжёлых и негабаритных грузов является

ответственной и дорогостоящей операцией с применением специальных транспортных средств, тягачей, трейлеров, строительством причалов, объездных путей и мостов. С появлением тяжёлой транспортной авиации появилась возможность транспортировки рабочих колёс самолётами, что было реализовано при строительстве Бурейской ГЭС ([рис. 8](#)).

Например, при восстановлении Саяно-Шушенской ГЭС после аварии были рассмотрены несколько вариантов доставки тяжелого негабаритного оборудования: авиатранспортом с созданием обтекателя, так как колесо не помещалось внутрь, на дирижабле и водным путём. Вариант доставки самолётом с обтекателем оказался очень дорогим, вариант с дирижаблем не подходил по срокам. Был принят традиционный вариант доставки – по воде. Для этого пришлось построить причал на Майнской ГЭС со специально спроектированным грузоподъёмным устройством – шевром и реконструировать всю подъездную автодорогу, включая пять мостов. По времени потребовался целый год.

3.2. Глава 2. Производственные предприятия строительства

В этой главе ПОС содержатся данные по производственным предприятиям, необходимым для строительства гидроузла, их размещению и производственно-техническим показателям.

Гидроузлы обычно сооружают вдали от крупных промышленных центров. Даже при наличии вблизи района строительства гидроузла некоторых промышленных предприятий, они не могут полностью или даже частично удовлетворить специфические потребности его строительства. По этой причине на строительстве каждого крупного гидроузла приходится сооружать целый комплекс производственных предприятий. При их сооружении следует учитывать возможность использования местных, ранее созданных в этом районе предприятий.

3.2.1. Перевалочная база строительства

В данном параграфе обосновывается необходимость создания перевалочной базы, её расположение, приводится набор объектов и их производственно-технические показатели. Дается информация по каждому предприятию перевалочной базы. Примерный перечень объектов перевалочной базы приведён в [табл. А.1](#), а чертежей – в [табл. А.2 приложения А](#).

Перевалка грузов – промежуточная разгрузка и хранение их вдали от района основных работ (РОР), в принципе нежелательна, так как увеличивает затраты и потери, но иногда она необходима. Перевалочные базы устраиваются в том случае, когда большой объём строительных грузов доставляется железнодорожным или водным транспортом, а ближайшая станция или порт разгрузки расположены на большом удалении от РОР. Объём поставляемых строительных грузов не может быть одновременно разгружен и доставлен на площадку строительства, поэтому требует промежуточной разгрузки и хранения.

Перевалочные базы устраивают рядом с железнодорожной станцией или портом. Задача перевалочной базы – быстро принять грузы на хранение и в последующем отгрузить их в РОР. Это определяет набор объектов (склады, автобаза, пождепо, автозаправочная станция, административно-бытовой корпус и другое).

3.2.2. Производственная база строительства в районе основных работ

Дается состав предприятий и других объектов производственной базы строительства гидротехнического объекта. Приводится информация по каждому предприятию базы. Краткие рекомендации по компоновке объектов производственной базы даны [в параграфе 3.1.5.3](#) данного пособия. Примерный перечень объектов приведен в [табл. А.1](#), а чертежей – в [табл. А.2 приложения А](#).

Любое крупное строительство невозможно без создания производственной базы. Производственно-технические показатели предприятий и складского хозяйства должны соответствовать объемам выполняемых работ и темпам строительства. Строительство самой производственной базы начинается со строительства пионерной базы – первоочередных объектов небольшой мощности.

В состав объектов производственной базы строительства гидроузла могут входить:

- предприятия по производству строительных материалов и изделий: бетонное хозяйство, камнедробильные и гравийесортировочные заводы, полигон сборного железобетона, асфальтобетонный завод, арматурные и опалубочные мастерские, домостроительный комбинат, карьеры нерудных материалов;
- объекты ремонтно-механического хозяйства: ремонтно-механические мастерские, базы механизации, сантехмонтажа, главного механика;
- объекты транспортного хозяйства: автомобильные базы с авторемонтными мастерскими, профилакториями с закрытыми стоянками, тепловозные депо, затоны с судоремонтными мастерскими для отстоя и ремонта речного флота;
- базы специализированных организаций, материально-технического снабжения, склады технологического оборудования ГЭС, горюче-смазочных материалов, взрывчатых веществ;
- хозяйства генподрядчика: базы управления строительством ГЭС, плотины, шлюза; управления земельно-скальных работ, дорожного, гражданского, промышленного и других видов строительства;
- объекты энергетического назначения: временные электростанции, электрические подстанции, линии электропередачи, котельное хозяйство, компрессорные, кислородные и ацетиленовые станции, базы главного энергетика.

При проектировании зданий и сооружений производственной базы предпочтение следует отдавать мобильным, модульным, быстромонтируемым конструкциям. Объемно-планировочные решения зданий и сооружений производственной базы разрабатываются на основании технологической схемы их работы.

3.2.3. Производственно-технические показатели производственных предприятий строительства и складского хозяйства

В данном параграфе в табличной форме приводятся производственно-технические показатели по всем предприятиям и складскому хозяйству (производительность, площадь, строительный объём, потребность в электроэнергии, воде, тепле и другое).

3.3. Глава 3. Инженерное обеспечение строительства в районе основных работ

3.3.1. Электроснабжение

В данном параграфе, как правило в табличной форме, приводится потребность в электроэнергии для строительства гидротехнического объекта с распределением по годам. Она определяется на основании перечня работающих строительных машин, механизмов, предприятий производственной базы, плана (графика) производства различных СМР, потребностей постоянного, временного посёлка и других потребителей на различных этапах строительства.



Рис. 9. Панорама Жигулёвской ГЭС

Описывается как рекомендуется осуществлять электроснабжение строительства: в подготовительный период; после сооружения ЛЭП, связывающей РОР с энергосистемой; после ввода первых агрегатов ГЭС. Обосновываются источники выработки электроэнергии и их мощности.

Потребность в электрической энергии при строительстве гидроузлов очень велика, так как значительная часть строительных машин (крупные экскаваторы, краны, земснаряды) и оборудование производственных предприятий имеют электрические двигатели. Кроме того, электроэнергия требуется для технологических процессов (электросварка, обогрев блоков бетонирования и другое) и для освещения строительных площадок. Без электроэнергии невозможна организация проживания и быта в посёлке строителей.

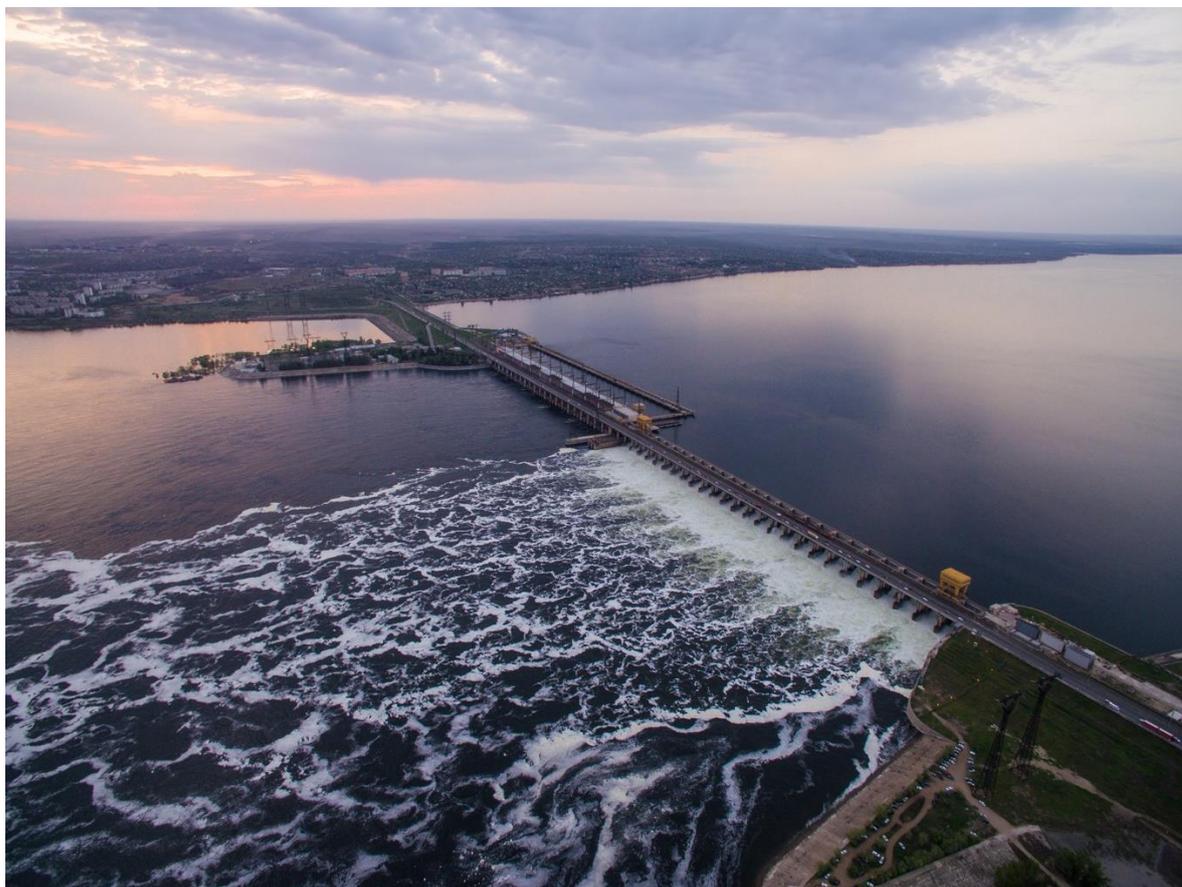


Рис. 10. Волжская ГЭС

Масштабы потребления электроэнергии при строительстве каждого гидроузла различны. Наибольшая мощность, потребляемая в пиковый год строительства, составляет десятки МВт, а наибольший годовой расход электроэнергии – сотни млн кВт.ч. Отличается потребность в электроэнергии для строительства одного и того же гидроузла и по годам строительства, поэтому при составлении ПОС необходимо определять потребности в электроэнергии по годам строительства. (*Справочно. На строительстве Жигулёвской ГЭС наибольшая мощность, потребляемая в пиковый год, составляла 86,5 МВт, а наибольшее годовое потребление электроэнергии – 405 млн кВт.ч. На строительстве Волжского гидроузла – 65 МВт и 250 млн кВт.ч соответственно [13].*)



Рис. 11. Строительство Волжской ГЭС



Рис. 12. Ивановская ГЭС

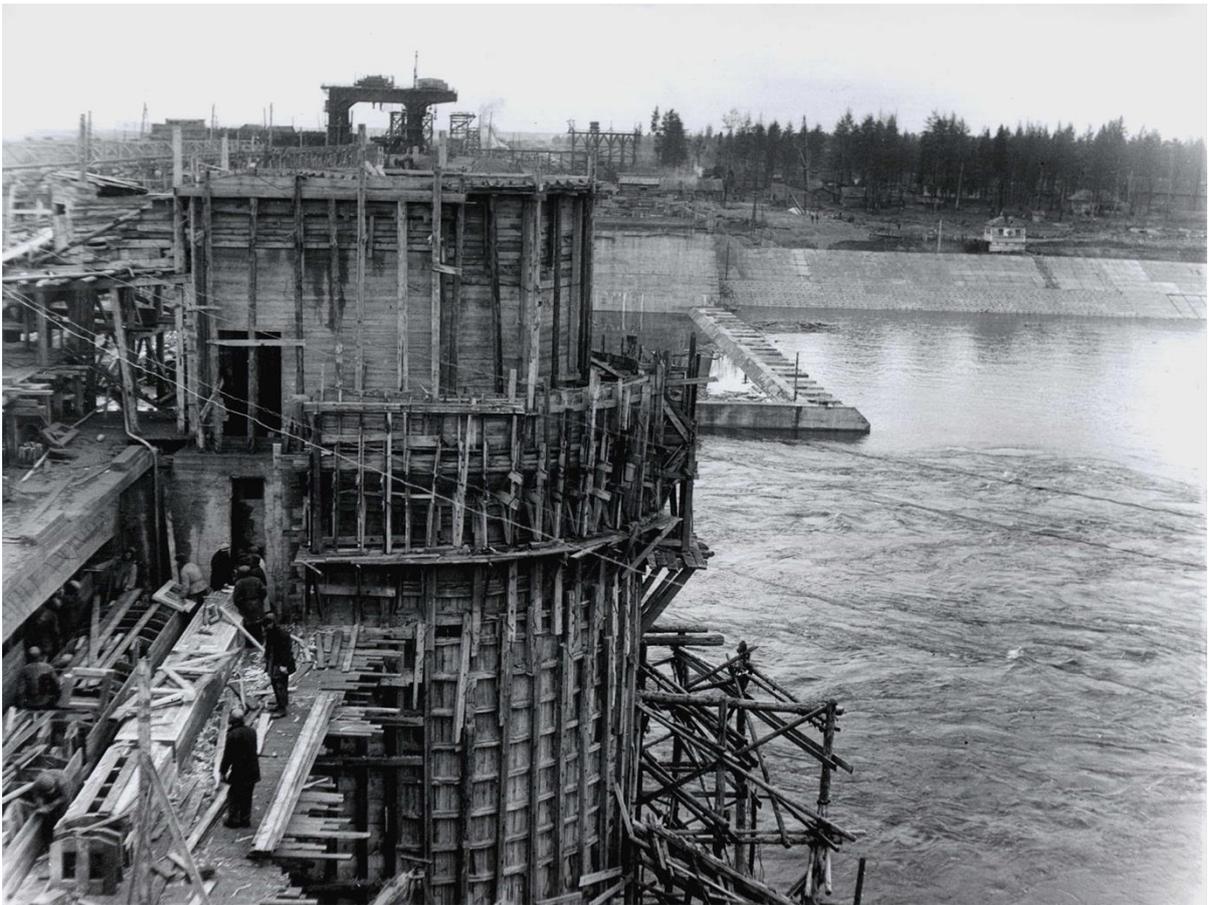


Рис. 13. Строительство Иваньковской ГЭС



Рис. 14. Панорама Угличской ГЭС



Рис. 15. Мамаканская ГЭС

Источники электроснабжения могут быть разные. При строительстве гидроузлов в отдалённых районах либо при дефиците электроэнергии в существующих энергосистемах приходится получать электроэнергию от собственных источников. В прежние годы для этого строили временные стационарные тепловые электростанции (Иваньковский, Угличский, Мамаканский и другие гидроузлы) или даже небольшие ГЭС (ХрамГЭС-1). Применялись инвентарные передвижные (в вагонах и фургонах), плавучие (на баржах) электростанции или энергопоезда. Например, на строительстве Вилюйской ГЭС энергию получали от четырёх энергопоездов мощностью 4×4000 кВт. Энергопоезда были доставлены по р. Лене и установлены в г. Ленске, а из Ленска к створу гидроузла была построена ЛЭП протяжённостью 360 км. Электроснабжение строительства Зейской ГЭС также осуществлялось от энергопоездов, размещённых на территории промышленной базы.

Часто для нужд строительства от существующих энергосистем строят высоковольтные линии электропередачи на 220 или 110 кВ. Возможность и целесообразность таких решений значительно увеличиваются, если строящийся гидроузел – ГЭС. В этом случае обычно совмещают линии электропередачи, необходимые в строительный и эксплуатационный периоды, в связи с чем резко сокращаются затраты, связанные с временным электроснабжением строительства. Например, на строительстве Братской ГЭС оптимальной оказалась схема электроснабжения от Иркутской ГЭС по линии электропередачи протяжённостью около 600 км. Были установлены постоянные опоры, и в последующем потребовалась лишь замена проводов. Электроснабжение строительства Усть-Илимской ГЭС осуществлялось по ЛЭП Братская ГЭС – Усть-Илимская ГЭС.

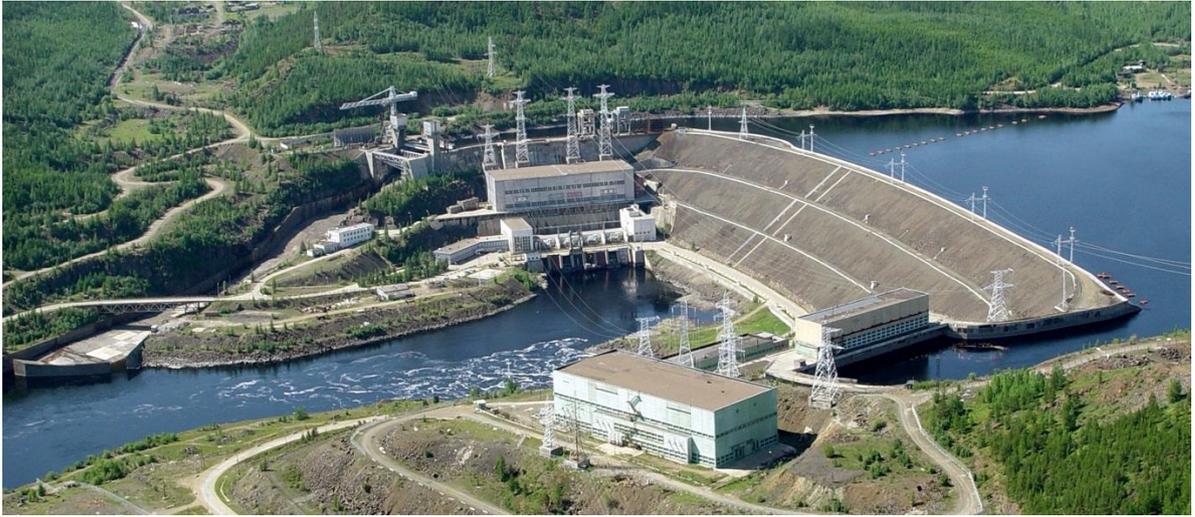


Рис. 16. Вилюйская ГЭС

Используют также комбинированные схемы получения электроэнергии одновременно от существующих энергосистем и собственных электростанций, которые необходимы либо для снабжения отдалённых от РОР объектов (например, карьеров), либо как резервный источник для потребителей, не допускающих перерывов в электроснабжении даже в течение короткого времени (водоотлив, водопонижение, туннельные работы). При электроснабжении строительства гидроузлов от существующих энергосистем вынужденно приходится использовать собственные электростанции, когда к развёртыванию работ на РОР линия электропередачи ещё не построена.



Рис. 17. Братская ГЭС

По такой схеме осуществлялось электроснабжение строительства Богучанской ГЭС. На первом этапе её строительства электроснабжение осуществлялось от дизельных и

газотурбинных электростанций, размещённых на территории промышленной базы, а в последующем – от ЛЭП, присоединённой к ЛЭП Братская ГЭС – Усть-Илимская ГЭС в районе Седаново.



Рис. 18. Усть-Илимская ГЭС

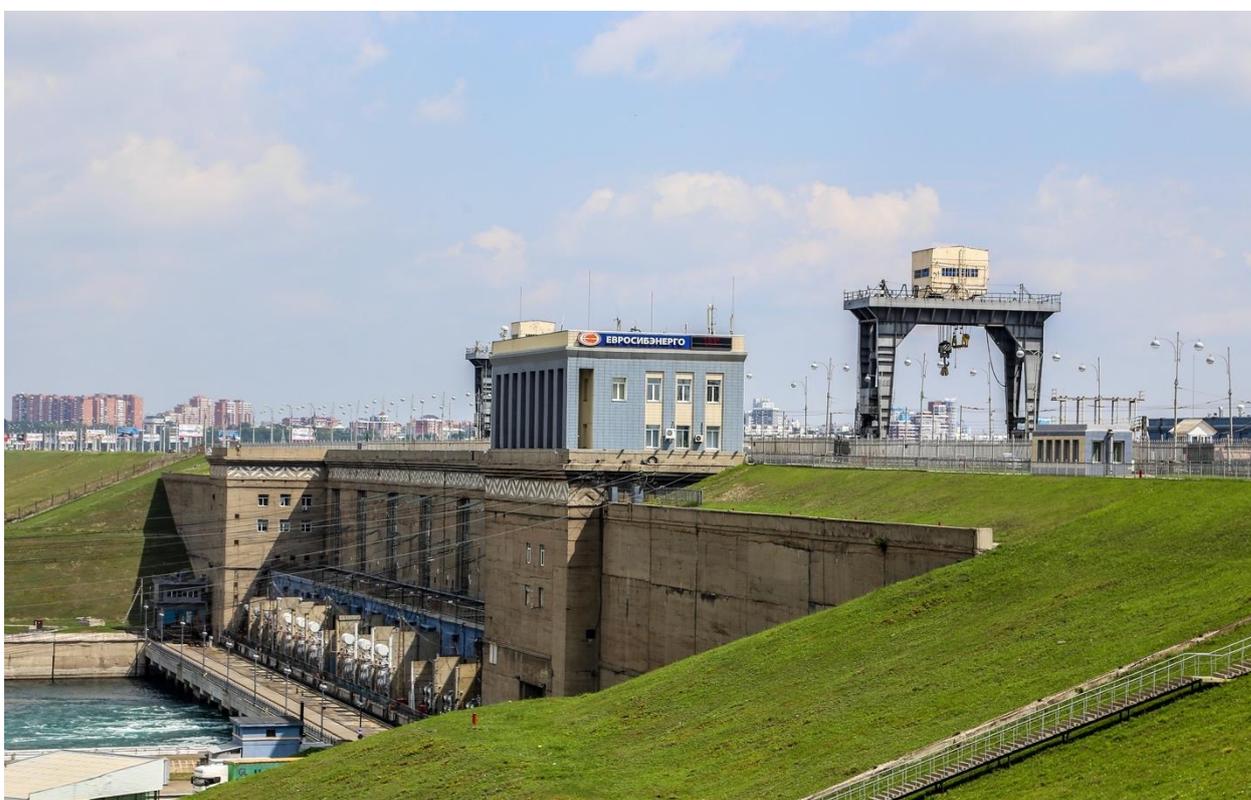


Рис. 19. Иркутская ГЭС (фото И. Ягубкова)

Таким образом, можно рекомендовать электроснабжение на первом этапе подготовительного периода, пока не построена постоянная ЛЭП, от мобильных дизельных и газотурбинных электрических станций мощностью от 100 до 4000 кВт. После сооружения линии электропередачи, связывающей строительную площадку с энергосистемой, собственные источники электрической энергии следует сохранять в качестве аварийного резерва.

3.3.2. Теплоснабжение

В данном параграфе, как правило в табличной форме, приводится потребность в тепле для строительства гидротехнического объекта с распределением по годам. Она определяется на основании потребности предприятий производственной базы, плана (графика) производства различных СМР, потребностей постоянного, временного посёлка и других потребителей на различных этапах строительства.

Описывается как рекомендуется осуществлять теплоснабжение на разных этапах строительства. Обосновываются источники выработки тепла и их мощности.



Рис. 20. Панорама Красноярской ГЭС

Тепло на строительстве необходимо для выполнения СМР (подогрев заполнителей и бетонной смеси, обогрев блоков бетонирования, обогрев уложенного бетона, оттаивание грунта зимой), на технологические нужды и обогрев производственных предприятий и баз строительства, а также на теплофикацию посёлков строителей и эксплуатационников.

Временное теплоснабжение на период строительства необходимо рассчитывать и проектировать в увязке с постоянным теплоснабжением в будущем.

При строительстве крупных гидротехнических объектов в суровых климатических условиях Сибири, Крайнего Севера и Дальнего Востока тепловые потребности очень велики. Например, расчётный максимум тепловых нагрузок для строительства Братской ГЭС составлял $1256 \cdot 10^6$ кДж, Усть-Илимской ГЭС - $837 \cdot 10^6$ кДж, Красноярской ГЭС - $628 \cdot 10^6$ кДж.

Ориентировочное распределение тепловых нагрузок на строительстве приведено в [табл. 2 \[13\]](#). Половина потребителей тепла – временные (производственная база, бетонное хозяйство, котлован основных сооружений). Более 70 % тепловых нагрузок сезонны (отопление, вентиляция, производство работ в зимних условиях).

Таблица 2

Потребители, статьи расхода	Относительные тепловые нагрузки, %
По потребителям тепла:	
производственные предприятия и базы;	65–75
жилые и культурно-бытовые здания;	15–20
основные сооружения гидроузла в процессе строительства.	10–15
По статьям расхода:	
отопление;	25–35
вентиляция;	20–25
горячее водоснабжение;	5–10
технологические нужды строительного производства.	30–50

Теплоснабжение желательно осуществлять централизованно. В зависимости от условий электро- и топливоснабжения района строительства тепло можно получать от стационарных и передвижных котельных, работающих на твёрдом, жидком или газообразном топливе, либо от электрокотельных. Источник теплоснабжения выбирается на основании технико-экономического сравнения вариантов. Например, по сравнению с системой, оборудованной топливными котельными, система электротеплоснабжения требует меньших капитальных затрат и меньшей численности эксплуатационного персонала. В случаях, когда доставка на стройку топлива возможна железнодорожным, водным или трубопроводным транспортом, система электротеплоснабжения может уступать системе с топливными котельными по экономическим показателям. Для пунктов строительства, не имеющих указанных транспортных связей, система электротеплоснабжения может быть экономичнее. Электрокотельные просты и устойчивы в эксплуатации. Применение передвижных электрокотельных позволяет расширить использование этого способа там, где требуется организовать временное теплоснабжение.

На строительстве Усть-Илимской ГЭС электротеплоснабжение вместо использования твёрдого топлива дало за период от начала строительства до ввода в эксплуатацию железной дороги Хребтовая – Усть-Илимск значительную экономию (2,5 млн. руб. в ценах 1970-х гг.). Снижение расходов на теплоснабжение при электрическом

отоплении обуславливается отсутствием теплотрасс, снижением мощности или отсутствием котельной и сокращением эксплуатационных расходов.

Временные тепловые сети строительной площадки и посёлка часто устраивают наземными, располагая трубопроводы на бетонных или деревянных инвентарных опорах. Участки теплотрасс, которые впоследствии будут использованы для постоянного теплоснабжения, следует сразу выполнять по постоянной схеме. Постоянные тепловые сети выполняют в соответствии с действующими нормативными документами.

Теплоснабжение пионерных поселков и строительной базы на первом этапе подготовительного периода следует осуществлять от передвижных котельных (или электрокотельных). Одновременно с развитием строительства необходимо осуществлять строительство одной или нескольких постоянных котельных. Производительность этих котельных обычно составляет от 100 до 200 т пара/час, а иногда и больше.

Для определения тепловых нагрузок и выбора теплоносителя (горячая вода, пар) для района строительства по нормам устанавливается продолжительность отопительного периода и его средняя расчётная температура. Расчётные удельные расходы тепла на отопление и горячее водоснабжение, пароснабжение объектов строительной площадки, жилых поселков и технологические нужды строительства следует устанавливать по данным ПД привязываемых зданий и сооружений или по укрупнённым показателям. Для предварительных расчётов можно использовать рекомендации [13].

3.3.3. Водоснабжение и водоотведение

В данном параграфе приводится потребность в воде для производственных, хозяйственно-питьевых и противопожарных нужд. Для определения расхода воды на производственные и хозяйственно-питьевые нужды можно воспользоваться рекомендациями [13] или другой нормативно-технической литературы. Расход воды на пожаротушение следует определять на основании действующих норм. Обосновываются источники водоснабжения, места расположения насосных станций, водоприёмных, водонапорных и других сооружений.

По водоотведению определяются объёмы хозяйственно-бытовых, производственных и ливневых стоков, обосновываются места сброса сточных вод после очистки и состав очистных сооружений для разных этапов строительства.

Водоснабжение. Потребность в воде на строительстве складывается из производственных, хозяйственно-питьевых и противопожарных нужд. Непосредственно на производстве вода необходима для: приготовления бетонной смеси, промывки заполнителей, охлаждения блоков бетонирования, эксплуатации и технического обслуживания средств транспорта и строительных машин, теплоснабжения и другого. Расход воды на производственные нужды зависит от вида, состава, объёмов работ и их интенсивности, технологии, применяемых механизмов.

Вода для хозяйственно-питьевых нужд необходима как на территории самого строительства, так и в посёлке строителей. Расход воды на пожаротушение устанавливают в соответствии с действующими нормами.

Источники водоснабжения строительства выбирают в зависимости от требований, предъявляемых к качеству воды, соотношения расходов отдельных потребителей, взаимного расположения площадок строительства и возможных источников. Систему водоснабжения строительства следует проектировать с учётом возможности использования существующей сети водопровода.

При строительстве гидроузлов, как правило, всю систему водообеспечения проектируют и строят заново, сооружают насосные станции, водоприёмные, водонапорные, очистные и другие сооружения. В качестве источников водоснабжения для хозяйственно-питьевых нужд поселка и производственной базы следует использовать подземные источники, для технического водоснабжения - поверхностные водоёмы (реки, озера). Вода из подземных источников, как правило, не требует дополнительной обработки. При использовании воды для хозяйственно-питьевых нужд из поверхностных водоёмов требуется её предварительная обработка. После выбора водоисточника и установления его дебита определяется система водоснабжения. Она зависит от источника водоснабжения, качества воды, рельефа местности и расстояния от источника до водопотребителя.

Требования, предъявляемые к качеству воды, зависят от её назначения. Для производственных нужд обычно пригодна речная вода (на горных реках – вода, прошедшая отстойники). Требования к воде для производственных нужд определяются условиями технологического процесса, например, в воде для приготовления бетонной смеси ограничивается содержание глинистых частиц, органических соединений и минеральных солей. Требования к воде, предназначенной для паровых и водогрейных котлов, определяются специальными нормативами. Требования к воде для хозяйственно-питьевых нужд определяются СанПиН 2.1.4.1074-01. На первом этапе строительства воду для тушения пожаров подают из водоёмов или временных резервуаров.

Сеть временной системы водоснабжения строительства проектируют по тем же нормативам, что и сеть постоянной системы водоснабжения. Временную систему водоснабжения строительной площадки нередко решают в виде одного объединённого водопровода с обязательной очисткой и обеззараживанием, воды. Напор в водопроводной сети для подачи воды на хозяйственно-питьевые нужды зависит от этажности застройки. На строительной площадке в любой водопроводной сети напор должен быть не менее 15 м.

Водоотведение. Повышение требований к охране окружающей среды и, в частности, водных источников, исключает сброс сточных неочищенных вод в любые водотоки, поэтому очистные сооружения относятся к первоочередным объектам. На первом этапе строительства гидроузла следует сооружать временные инвентарные очистные установки заводского изготовления, устройство которых не требует много времени и больших трудозатрат. Позже следует осуществлять строительство постоянных очистных сооружений.

Для разработки ПД по водоотведению определяют объём хозяйственно-бытовых, производственных и ливневых стоков и водоток, в который возможен сброс сточных вод

после очистки. При решении схемы водоотведения необходимо определить состав очистных сооружений, наметить очередность ввода отдельных элементов системы.

При расчёте объёма канализационных стоков следует учитывать, что объём хозяйственно-бытовых стоков соответствует объёму хозяйственно-бытового водопотребления, а объём производственных стоков принимается по технологическим данным. Следует выделить загрязнённые и условно чистые стоки (например, от охлаждения теплообменников), которые могут сбрасываться без очистки или после элементарной очистки. Стоки с автобаз, ремонтных мастерских и других предприятий, содержащие масла и мазут, должны проходить специальную очистку.

В зависимости от качества водотока, куда предполагается сброс сточных вод, определяется степень (глубина) очистки, методы очистки и состав сооружений. При проектировании схем водоотведения бытовых, загрязнённых производственных и ливневых стоков следует руководствоваться действующими нормативными документами.

3.3.4. Воздухоснабжение

В данном параграфе определяются: потребности в сжатом воздухе, кислороде и ацетилене; источники обеспечения (компрессорные, кислородные и ацетиленовые станции), их местоположение и технические характеристики; необходимость прокладки воздухопроводов, протяжённость, диаметр труб и их количество.

Сжатый воздух на строительстве необходим для пневмотранспорта цемента на бетонных заводах, работы буровых машин, отбойных молотков и других пневмоинструментов, очистки поверхности бетонных блоков перед бетонированием и другого. Предварительно потребность в сжатом воздухе можно определить по [13]. Для более точного расчёта необходимо знать количество и типы строительного оборудования, потребляющего сжатый воздух и его паспортные данные.

Сжатым воздухом строительство обеспечивается от передвижных компрессоров и стационарных компрессорных станций. В начальный период строительства потребность в сжатом воздухе обеспечивается передвижными компрессорами. При большой потребности в РОР создаётся централизованное компрессорное хозяйство со стационарными компрессорами большой производительности.

Протяжённость воздухопроводов рекомендуется принимать не более 2 км. Внутренний диаметр воздухопроводов зависит от расхода сжатого воздуха, длины трубопровода и предварительно может определяться по [13].

Кислород в подготовительный период на строительную площадку следует доставлять в баллонах с ближайших кислородных заводов. По мере развития строительства в РОР целесообразно соорудить стационарную кислородную станцию.

Ацетиленом строительство обеспечивается от переносных ацетиленовых генераторов, передвижных или стационарных ацетиленовых станций. В качестве

заменителя ацетилена при кислородной резке металла следует применять пропан-бутановую смесь, которая в сжиженном виде перевозится в баллонах.

Кислород и ацетилен используют на строительстве для сварки, резки и правки металлоконструкций при монтажных работах. Суточную потребность можно определить по рекомендациям [\[13\]](#).

3.3.5. Связь

В данном параграфе описывается как рекомендуется обеспечить связь в районе строительства объекта.

Качественная связь на строительстве между отдельными площадками строительства, организациями и службами – залог оперативного принятия решений и их выполнения. Это положительно влияет на темпы строительства в целом и качество выполняемых работ. В настоящее время при больших возможностях создания мобильной и даже космической связи её создание является более лёгкой задачей, чем в XX веке.

3.4. Глава 4. Технология строительства

В данной главе даются рекомендации по технологии строительства и производству разных видов СМР. Рекомендуемые комплекты чертежей к этой главе приведены [в табл. А.2 приложения А](#).

3.4.1. Пропуск расходов реки в строительный период

В данном параграфе излагается: как будет осуществляться пропуск строительных расходов на различных этапах строительства; какова конструкция, объёмы работ, технология возведения перемычек и других временных гидротехнических сооружений, участвующих в пропуске строительных расходов; как будет выполняться перекрытие русла реки и организован водоотлив из котлованов и недостроенных сооружений гидроузла.

3.4.1.1. Схема пропуска расходов реки на этапах строительства

Очередность возведения основных сооружений и схема пропуска строительных расходов разрабатываются на всех стадиях проектирования гидротехнического объекта. На стадии ОИ они излагаются в разделе «Организация строительства», на стадии ПД – в ПОС.

В данном параграфе описывается, как будет выполняться пропуск строительных расходов при данной компоновке гидроузла на разных этапах строительства, а именно: без отвода в искусственное русло, с отводом в искусственное русло; через какие водопропускные сооружения на каждом

этапе строительства будет осуществляться пропуск расходов, гидравлические характеристики их пропускной способности; какова вероятность превышения расчётных половодья и паводка, их величина и каковы отметки уровней ВБ и НБ при их прохождении; какова величина санитарного попуска в НБ и отметки уровня НБ при этом; в какой период года следует перекрывать русло реки, какова величина и вероятность превышения расхода перекрытия; как будет осуществляться судоходство и лесосплав (при наличии), другие необходимые данные. На основании гидравлических расчётов по пропуску строительных расходов строятся кривые изменения уровня ВБ во времени с учётом прохождения половодьев, паводков и кривые наполнения водохранилища в ходе возведения гидроузла на сводном календарном плане (графике) строительства.

В течение всего периода строительства расходы воды в реке, наносы и лёд (для краткости в обиход у гидротехников вошёл термин – строительные расходы) необходимо пропускать через створ гидроузла так, чтобы: при любой схеме пропуска можно было вести строительство, не опасаясь затоплений котлованов и других аварийных ситуаций; не причинялось никакого непредусмотренного ПД ущерба населённым пунктам, промышленным предприятиям, сельскохозяйственным угодьям, автомобильным и железным дорогам, линиям электропередачи; в навигационный период обеспечивалось непрерывное судоходство. Если непрерывное судоходство невозможно осуществить, то проектной документацией должна предусматриваться сухопутная перевалка грузов через гидроузел и пересадка пассажиров на другие суда. Не допускается уменьшение расхода в НБ ниже санитарного минимума, устанавливаемого в ПД в зависимости от наличия потребителей воды и расходов боковой приточности.

Схема пропуска строительных расходов зависит от гидрологических, топографических и геологических условий. Большое влияние оказывают ледовые условия реки и наличие на ней судоходства и лесосплава. На реках с тяжёлыми ледовыми условиями нельзя допускать образования ледяных заторов, вызывающих катастрофический подъём уровня воды в ВБ с возможным последующим прорывом больших расходов в НБ. Для этого должны быть рассчитаны и проверены в лаборатории сужение русла реки перемычками и размеры пролётов водопропускных сооружений.

Компоновка основных сооружений гидроузла и схема пропуска строительных расходов непосредственно связаны между собой и разрабатываются одновременно. При разработке вариантов компоновки гидроузла схема пропуска строительных расходов разрабатывается для каждого варианта компоновки. Срок строительства гидротехнического объекта существенно зависит от принятой в ПОС схемы пропуска строительных расходов.

Строительство гидротехнических сооружений нарушает естественный водный режим и требует в одних случаях отвода реки в искусственное русло (канал, туннель), в других – поэтапного сужения русла реки путём устройства ограждающих перемычек.

Таким образом, могут применяться схемы пропуска строительных расходов *без отвода реки в искусственное русло и с отводом реки в искусственное русло.*

Пропуск строительных расходов при русловой компоновке на равнинной реке осуществляется без отвода реки в искусственное русло. В этом случае строительство ведётся очередями. Сначала перемычками I очереди отгораживается часть русла, на которой размещается водосбросная плотина. На первом этапе строительства под защитой перемычек I очереди возводятся фундаментная плита и бычки водосбросной плотины. По бычкам сооружается автодорожный мост с эстакадой (или без неё) для установки бетоноукладочных кранов, обеспечивающих достройку водосбросной плотины. После этого разбираются перемычки I очереди, осуществляется перекрытие русла реки и возводятся перемычки II очереди, под защитой которых сооружается оставшаяся часть плотины и здание ГЭС. На втором этапе возведения гидроузла строительные расходы пропускаются через недостроенную водосбросную плотину, которая достраивается по мере возведения гидроузла.



Рис. 21. Подготовка к затоплению котлована I очереди на строительстве Зейской ГЭС

Пропуск строительных расходов при пойменной компоновке на равнинной реке осуществляется без отвода реки в искусственное русло. В этом случае на первом этапе возведения гидроузла строительные расходы пропускаются по естественному руслу, иногда немного стеснённому перемычками. Бетонные сооружения гидроузла (водосбросная плотина, здание ГЭС) строятся на пойме под защитой перемычек. Одновременно сооружаются подводящий и отводящий каналы под защитой целиков. После

достижения этими сооружениями готовности к пропуску строительных расходов производится разборка перемычек, целиков на подводящем и отводящем каналах и осуществляется перекрытие русла реки. На втором этапе возведения объекта строительные расходы пропускаются через водосбросные сооружения, построенные в пойме реки. В это время в русле реки под защитой перемычек возводится плотина. При достаточном обосновании возможно применение безкотлованного (без устройства перемычек) способа возведения грунтовой плотины.

Пропуск строительных расходов при береговой компоновке осуществляется с отводом реки в искусственное русло. Такая схема пропуска строительных расходов применяется, как правило, на горных реках, реках с небольшими расходами воды и реках, имеющих небольшую ширину бытового русла. В этом случае на первом этапе строительства сооружается водоотводящий тракт (туннель или канал). После их строительства осуществляется перекрытие русла реки, и строительные расходы направляются в водоотводящий тракт. На втором этапе строительства под защитой перемычек возводится русловая плотина и другие сооружения гидроузла.

Пропуск строительных расходов при деривационной компоновке осуществляется без отвода реки в искусственное русло. На первом этапе строительства возводятся ГТС энергетического тракта: водоприёмник, деривационный канал и/или туннель, уравнильный резервуар (при необходимости), бассейн суточного регулирования, турбинные водоводы, здание ГЭС с оборудованием, отводящий канал или туннель, схема выдачи мощности и другое. Строительные расходы в этот период пропускаются по бытовому руслу. После готовности этих сооружений к работе, осуществляется перекрытие русла реки. Расходы переключаются на энергетический тракт (деривацию), а в русле возводится плотина.

3.4.1.2. Перемычки. Конструкция, технология их возведения и объёмы работ

В данном параграфе описывается конструкция перемычек I и II очереди, поперечных, продольных, технология их возведения и объёмы работ.

Перемычки являются временными ГТС, как правило IV класса, предназначенными для отгораживания части русла реки и создания котлованов для возведения отдельных сооружений гидроузла насухо (части плотины, здания ГЭС, водосброса, шлюза). В особых случаях, если авария на перемычках может вызвать катастрофические последствия для строительной площадки и нижележащих населённых пунктов, сооружений и предприятий или вызвать значительную задержку возведения основных сооружений I и II классов, перемычки следует относить к III классу.

В подавляющем большинстве случаев перемычки — это грунтовые ГТС, воспринимающие напор воды, поэтому их конструирование и расчёт выполняются аналогично конструированию и расчёту грунтовой плотины соответствующего класса. Если верховая и/или низовая перемычки входят в тело грунтовой плотины, котлован для возведения которой они образуют, то их конструирование выполняется вместе с основной плотинной. По конструкции они могут быть однородными грунтовыми с защитой внешнего

откоса камнем или каменнонабросными, преимущественно с экраном из суглинка и защитой внешнего откоса камнем.

Продольные перемычки кроме восприятия напора воды подвергаются воздействию больших скоростей течения при пропуске половодий и паводков, что накладывает на их конструкцию дополнительные требования. Откос продольной перемычки, обращённый в сторону потока, должен быть защищён от размыва крупным камнем. Иногда, для улучшения обтекания продольной перемычки устраиваются потоконаправляющие дамбы, а для защиты от размыва – короткие шпоры. Необходимость устройства таких сооружений определяется на гидравлических моделях.

Кроме грунтовых перемычки могут быть деревянными ряжевými (широкая ряжевая сквозной рубки и узкая ряжевая), шпунтовыми (цилиндрическая ячеистая или сегментная ячеистая из стального шпунта) [16]. Деревянными ряжевými при больших скоростях течения выполняются продольные перемычки.

В принципе перемычки могут быть различной конструкции. Иногда, некоторые перемычки выполняются из укатанного бетона (Бурейская ГЭС, проект ГЭС Котешвар в Индии). При строительстве Нижне-Бурейской ГЭС впервые в российской и мировой практике были применены грунтовые перемычки с противофильтрационным элементом из глиноцементобетонных буросекущихся свай, которые отлично себя зарекомендовали. Фильтрация через тело этих перемычек практически отсутствовала.

Следует иметь в виду, что перемычки из укатанного бетона трудно размыть. По этой причине, если при пропуске строительных расходов требуется разборка перемычек на определённом участке, этот расчётный проран должен быть гарантированно разобран. Для перемычек со «стеной в грунте» из глиноцементобетонных свай на Нижне-Бурейской ГЭС были проведены испытания на модели, которые показали, что стена при размыве падает не сразу. Это подтвердилось по факту при разборке перемычек котлована I очереди, когда «стена в грунте» удерживала напор воды в 3 м.

Плановое местоположение перемычек определяется размерами котлована сооружения, возводимого под защитой этих перемычек. При этом должна учитываться необходимость размещения насосных станций для поверхностного водоотлива и глубинного водопонижения (при необходимости), размещения кранового и другого строительного оборудования, устройства съездов в котлован и внутриплощадочных дорог.

Так как перемычки возводятся отсыпкой в текущую воду, при их конструировании должна учитываться технология возведения. Грунтовые перемычки отсыпаются пионерным способом по направлению от берега с опережающей отсыпкой banquetов. Деревянные ряжевые перемычки на реках с достаточно прочным ледяным покровом собираются непосредственно на льду и устанавливаются в создаваемую прорубь с помощью пригрузки камнем или грунтом. В летний период собранные ряжевые перемычки на плаву доставляются к месту установки и затапливаются пригрузкой камня или грунта.

При подсчёте объёмов работ по устройству перемычек должен учитываться вынос грунта при отсыпке в текущую воду (в зависимости от скорости течения воды и крупности материала отсыпки). Объёмы работ даются в табличной форме.

При разработке этого параграфа ПОС можно использовать рекомендации, данные в [14, 15, 16].

3.4.1.3. Перекрытие русла реки

На стадии разработки ОИ расчёты и проектное обоснование перекрытия русла реки выполняют в составе раздела «Организация строительства», а на стадии разработки ПД – в составе ПОС. На стадии строительства проектное обоснование перекрытия разрабатывается в составе ППР на основании решений ПОС с учётом конкретных условий строительства.

В составе ПОС определяют: способ перекрытия и гидравлические показатели для характерных этапов сужения русла, требования к материалу наброски и его объём, тип крепления русла, нагрузки на мост при фронтальном перекрытии и другое. Эти расчёты должны подтвердить принципиальную возможность перекрытия русла реки при расчётных строительных расходах, заданных параметрах водопропускного тракта (строительных водосбросов) и обосновать сметную стоимость перекрытия русла реки.

Перекрытие русла реки – это строительный процесс, при котором бытовое русло перегораживается полностью, а строительные расходы переключаются на новый водопропускной тракт (строительный туннель, канал, водосброс, донные отверстия), созданный на предыдущем этапе строительства. При русловой компоновке перекрытие осуществляется при возведении перемычек II очереди. Перекрытие – важнейший этап в строительстве гидроузла, способствующий развёртыванию строительства по всему напорному фронту, возведению всех объектов гидроузла.



Рис. 22. Нижне–Свирская ГЭС

Строительство гидроузлов выполняется, как правило, круглогодично и круглосуточно, поэтому среди гидростроителей бытует мнение, что на строительстве гидроузлов только два праздника – перекрытие русла реки и ввод первого агрегата. Все остальные дни – трудовые будни. И это действительно так. В день перекрытия все работы на строительстве объекта прекращаются, кроме собственно перекрытия. Зрители и многочисленные гости, в том числе высокопоставленные, наблюдают за окончательным смыканием банкета перекрытия. После перекрытия проводятся праздничные мероприятия. При уровне строительной техники в XX веке перекрытие многоводных рек, таких как: Волга, Кама, Днепр, Енисей, Обь, Вахш, Зея и других было сложной инженерной задачей.

Процесс перекрытия русла реки должен начинаться с постепенного обжатия потока до появления скоростей течения, размывающих русло реки и материал отсыпки. Оставшийся не перекрытым участок реки называют прораном. Применяются следующие способы перекрытия русла реки:

- фронтальный способ;
- пионерный способ;
- обрушением в проран больших массивов направленным взрывом;
- намывной или бесперемычный способ;
- комбинированный способ.

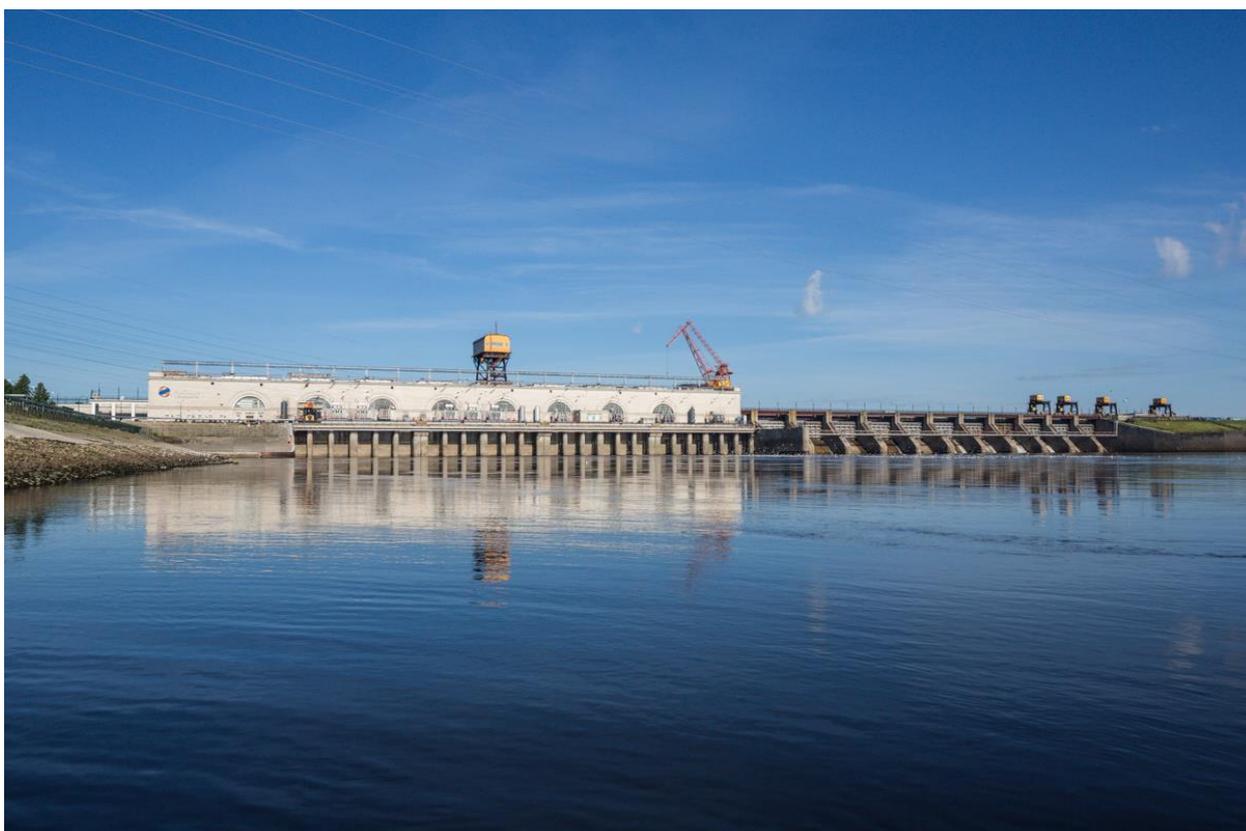


Рис. 23. Нижегородская (Горьковская) ГЭС

Фронтальный способ перекрытия применяется преимущественно на равнинных реках, русло которых сложено легкоразмываемыми грунтами. При этом способе проран перекрывают одновременной отсыпкой материала по всей его ширине, для чего возводится мост. Процесс перекрытия включает три этапа: предварительное сужение русла и создание

прорана, устройство моста в проране и собственно перекрытие - закрытие прорана. Перед началом перекрытия русло в проране укрепляют на ширину банкета с запасом в сторону ВБ до 10 м и в сторону НБ до 100 м. Толщина крепления принимается не менее 1 м и не менее трёх средних размеров камня. Для уменьшения разноса материала на конечном этапе закрытия прорана применяют негабаритный камень, бетонные кубы и/или тетраэдры, связки из них, металлические и железобетонные «ежи».

Фронтальный способ перекрытия, например, применялся при строительстве: Нижне-Свирской ([рис. 22](#)), Верхне-Свирской, Нижегородской (Горьковской) ([рис. 23](#)), Воткинской ([рис. 24](#)), Камской, Жигулёвской (Куйбышевской), Саратовской, Волжской, Цимлянской ([рис. 25](#)), Братской ГЭС. Наибольший приточный расход при перекрытии фронтальным способом, равный 4500 м³/с, при перепаде 2,0 м имел место на строительстве Волжской ГЭС, наибольший перепад – 2,9 м при расходе 300 м³/с на строительстве Братской ГЭС. С примерами организации перекрытия фронтальным способом можно ознакомиться в [\[13\]](#).



Рис. 24. Воткинская ГЭС

Пионерный способ перекрытия применяется на реках, русло которых сложено скальными породами. Отсыпку материала осуществляют с одного, а чаще с обоих берегов реки. На этапе предварительного стеснения русла отсыпают рядовую горную массу. Иногда, до окончательного перекрытия, устраивают фильтрующую перемычку. Это позволяет уменьшить расход в проране при перекрытии за счёт фильтрации части приточного расхода через тело перемычки. При закрытии прорана по мере увеличения скоростей в проране и перепада воды на банкете переходят на отсыпку горной массы более крупных фракций. Для окончательного закрытия прорана применяют негабаритный камень, бетонные кубы и/или тетраэдры и связки из них.

Иногда, при надёжном обосновании, пионерный способ применяется на реках с размываемым дном. В этом случае перед началом перекрытия русло в проране укрепляют аналогично креплению при фронтальном способе перекрытия. Камень сбрасывается с барж.

В настоящее время при строительстве гидроузлов преимущественно применяется пионерный способ перекрытия. Наличие мощных большегрузных автосамосвалов позволяет разово сбросить в проран большую массу грунта. Можно вести отсыпку быстрыми темпами, что значительно облегчает перекрытие. При быстром темпе перекрытия и большой ёмкости долины реки в ВБ от банкета расход перекрытия довольно значительно (до 20%) уменьшается за счёт аккумуляции его части в ВБ.



Рис. 25. Водосливная плотина Цимлянской ГЭС

Пионерный способ перекрытия применялся при строительстве: Нижне-Туломской, Верхне-Туломской, Новосибирской, Павловской, Бухтарминской, Токтогульской, Мамаканской, Плявиньской, Чарвакской, Усть-Хантайской, Ингурской, Красноярской, Усть-Илимской, Нурекской, Саяно-Шушенской, Зейской, Богучанской, Бурейской, Усть-Среднеканской, Нижне-Бурейской и других ГЭС. Например, перекрытие р. Колымы в створе Усть-Среднеканской ГЭС произошло при расходе $707 \text{ м}^3/\text{с}$ и перепаде на банкете 2,44 м ([рис. 26](#)). Наибольший приточный расход при перекрытии пионерным способом, равный $2970 \text{ м}^3/\text{с}$, при перепаде 3,82 м был на строительстве Усть-Илимской ГЭС, наибольший перепад – 7,32 м при расходе $130 \text{ м}^3/\text{с}$ на строительстве Токтогульской ГЭС. С примерами организации перекрытия пионерным способом можно ознакомиться в [\[13, 17\]](#).



Рис. 26. Перекрытие р. Колымы в створе Усть-Среднеканской ГЭС, создание прорана.

Способ перекрытия обрушением в проран больших массивов направленным взрывом применяют при перекрытии рек в горных условиях при крутых каньонообразных створах. После максимально возможного по гидравлическим условиям предварительного стеснения русла реки к одному из берегов, большой береговой массив грунта взрывом сбрасывается в оставшийся проран.

Способ перекрытия направленным взрывом применялся при строительстве Орто-Токойской плотины (Киргизия), Нижнебозсуйской ГЭС (Узбекистан), Головной, Байпазинской, Сангтудинской ГЭС-1 (Таджикистан). При перекрытии Головной ГЭС на р. Вахш перепад составил 1,65 м при расходе 230 м³/с. С примерами организации перекрытия направленным взрывом можно ознакомиться в [\[13\]](#).

Намывной или бесперемычный способ применяется при возведении грунтовых плотин методом намыва. Закрытие прорана осуществляется намывом песчано-гравелистого грунта средствами гидромеханизации. В настоящее время такой способ практически не применяется, так как плотины методом намыва грунта в России давно не возводятся. Этот способ перекрытия применялся при возведении Дубоссарской, Каневской ГЭС (Украина), перекрытии р. Ахтубы при строительстве Волжской ГЭС, р. Волги в створе Астраханского водodelителя. При строительстве Астраханского водodelителя первоначальный расход перекрытия составлял 2150 м³/с, конечный перепад был равен 0,4 м. С примерами организации перекрытия намывным способом можно ознакомиться в [\[13\]](#).

Комбинированный способ является совмещением нескольких способов перекрытия, например, когда сначала перекрытие ведётся пионерным способом, а на завершающем этапе – обрушением в проран больших массивов направленным взрывом.

Примером вынужденного применения комбинированного способа перекрытия может являться перекрытие р. Вахш в створе Сангтудинской ГЭС-1. По проекту перекрытие должно было осуществляться при беспрецедентно большом перепаде на banquete, равном 12,3 м, и расходе 400 м³/с. Для решения этой сложнейшей задачи был разработан проект перекрытия пионерным способом по двухбанкетной схеме. Предварительное сужение русла должно было осуществляться фильтрующими banquetами из сортированного камня крупностью 800–1200 мм. Генподрядчик изменил проект перекрытия, выполнил сужение русла путём отсыпки banquetа из малофильтрующей рядовой горной массы в другом створе. Окончательное перекрытие прорана было осуществлено взрывом при вынужденном снижении сбросного расхода вышерасположенной Байпазинской ГЭС до 100 м³/с. Перепад при этом составил 7 м. Изменение схемы перекрытия генподрядчиком привело к некоторым нежелательным последствиям при возведении плотины Сангтудинской ГЭС-1 [18].

Календарный период перекрытия реки устанавливают исходя из климатических условий, схемы пропуска строительных расходов, условий судоходства, в зависимости от гидрологического режима реки. Как правило, дата закрытия прорана намечается на спаде паводка в период прохождения наименьших расходов. Кроме этого, необходимо учитывать, что после перекрытия нужно возвести перемычки требуемого профиля и отметок до прохождения половодья и/или паводка и желательно откачать воду из образовавшегося котлована до наступления зимнего периода. Чаще всего перекрытие планируют на период прохождения осенней межени, когда расходы в реке не увеличиваются из-за отсутствия паводков, а зимний период ещё не наступил. В этом случае за короткий период времени требуется выполнить перекрытие русла реки, отсыпать перемычки и откачать воду из котлована до наступления холодов. С целью ускорения работ по созданию перемычек иногда стеснение русла производится одновременно в створах верховой и низовой перемычек, а окончательное перекрытие осуществляется в створе одной из них. Примером может быть отсыпка перемычек II очереди при строительстве Зейской ГЭС, когда удалось отсыпать перемычки и осушить котлован II очереди до наступления зимы (рис. 27, 28).

Обычно перекрытие осуществляют в створе верховой перемычки. При отсыпке нижней части грунтовой плотины без осушения котлована окончательное перекрытие нужно выполнять в створе низовой перемычки во избежание выноса крупного камня и негабаритов при перекрытии в основании грунтовой плотины и осложнения работ по созданию противофильтрационного элемента.

При одновременной отсыпке верховой и низовой перемычек II очереди на стадии предварительного стеснения было замечено, что суммарный перепад между ВБ и НБ в створе гидроузла перераспределяется между banquetами в створе верховой и низовой перемычек. Это наблюдение позволило разработать, обосновать и экспериментально на физической модели подтвердить возможность перекрытия р. Ангары в 2-х створах при строительстве Богучанской ГЭС. Следует отметить, что перекрытие в 2-х створах требует чёткой и согласованной отсыпки banquetов в обоих створах. В случае отставания отсыпки banquetа в одном из створов, эффект перераспределения перепада между banquetами перекрытия исчезает. Большое влияние на перераспределение общего перепада между banquetами имеет смещение в плане осей проранов в створе верхового и низового banquetов.



Рис. 27. Перекрытие р. Зеи при строительстве Зейской ГЭС

Известно, чем меньше удельная мощность перекрываемого потока $N_{уд}$, тем легче осуществить перекрытие. Удельная мощность водного потока прямо пропорциональна перепаду на банкете. Перепад в створе гидроузла Z равен сумме перепадов на верховом и низовом банкетах, то есть $Z = Z_{верх} + Z_{низ}$. Таким образом, мощность водного потока при перекрытии в 2-х створах распределяется на два банкета, причём мощность на каждом из них меньше, чем мощность в случае перекрытия одним банкетом.

Максимальный приточный расход в период перекрытия в створе Богучанской ГЭС был равен $3300 \text{ м}^3/\text{с}$ при общем перепаде на бетонных сооружениях $2,72 \text{ м}$, перепаде на верховом банкете $1,88 \text{ м}$, низовом банкете – $0,84 \text{ м}$. Окончательное смыкание верхового банкета произошло при приточном расходе $2450 \text{ м}^3/\text{с}$, перепаде на верховом банкете $2,46 \text{ м}$, низовом – $0,29 \text{ м}$. Перекрытие в 2-х створах на строительстве Богучанской ГЭС позволило ускорить возведение перемычек II очереди и осушение котлована каменнонабросной плотины. Подробно организация перекрытия в 2-х створах описана в [17].

Перекрытие рек с прочным ледяным покровом при соответствующем обосновании иногда целесообразно производить в зимний период. В этом случае отсыпка материала осуществляется со льда в специально образованную майну.

При перекрытии в период зимне-весенней межени необходимо убедиться, что существуют технические возможности отсыпки перемычек до прохождения половодья и/или паводка. В этот период было осуществлено перекрытие р. Буреи в створе Нижне-Бурейской ГЭС.

При выполнении перекрытия русел рек при больших напорах и удельных расходах возможно применение изобретений, например [\[19, 20\]](#).



Рис. 28. Завершение перекрытия р. Зеи 13.10.1972 при строительстве Зейской ГЭС

В процессе работ по перекрытию русла реки должны быть организованы специальные инженерно-гидрологические наблюдения за уровнем воды в створе верховой и низовой перемычек, характером размыва, гидравлическим режимом в водоотводящем тракте, перераспределением расходов между руслом и водоотводящим трактом. Результаты наблюдений позволяют оперативно корректировать технологический порядок отсыпки материала в проран.

Гидравлические расчёты пропуска строительных расходов. При разработке схем пропуска строительных расходов выполняются гидравлические расчёты основных параметров водного режима реки в строительный период и назначается тип временных гидротехнических сооружений для защиты возводимых основных сооружений гидроузла от затопления [\[21\]](#).

Временные гидротехнические сооружения, связанные с пропуском расходов реки в период строительства, относятся к сооружениям IV класса. Если авария на этих сооружениях может вызвать катастрофические последствия для строительной площадки и нижележащих населённых пунктов, сооружений и предприятий или вызвать значительную задержку возведения основных сооружений I и II классов, временные гидротехнические сооружения допускается относить к III классу.

В соответствии с п. 8.32 СП 58.13 330.2019 [22] при проектировании временных ГТС, связанных с пропуском строительных расходов, расчётные максимальные расходы воды следует принимать в зависимости от класса и срока эксплуатации этих сооружений. Для временных ГТС IV класса при сроке эксплуатации до 10 лет следует принимать вероятность превышения максимальных расходов 10 %, при сроке эксплуатации более 10 лет – 5%. Для временных ГТС III класса при сроке эксплуатации до 2-х лет – 10 %, свыше 2-х лет – 5 %.

Вероятность превышения расхода перекрытия, как правило, принимается равной 20 % для месяца, в котором планируется перекрытие. В некоторых случаях, для повышения надёжности и гарантии перекрытия в требуемые сроки при строительстве гидроузлов I и II класса, вероятность превышения расхода перекрытия принимается равной 10 %.

Гидравлические расчёты строительного периода должны включать:

- расчёт гидравлических условий в суженном строительными перемычками русле, а именно: определение уровенного режима в районе перемычек; оценка деформаций суженного русла; выбор мероприятий, обеспечивающих сохранность перемычек (струенаправляющие сооружения, крепления); оценка судоходных условий в районе строительства; оценка зимних условий (заторы, зажоры);
- расчёт гидравлических условий пропуска расходов через строительные водосбросы, а именно: отверстия в бетонных сооружениях, строительные каналы, туннели и трубы, затопляемые перемычки и недостроенные грунтовые плотины. При этом определяются: пропускная способность строительных водосбросов; тип креплений, обеспечивающих сохранность как самих водосбросов, так и других сооружений в зоне воздействия потока, выходящего из водосброса; возможности размыва в нижнем бьефе; оценивается возможность кавитационных и абразивных повреждений водосбросов;
- расчёты перекрытия русла реки. Эти расчёты определяют способ перекрытия и гидравлические показатели для характерных этапов сужения русла. На основании их для каждого этапа перекрытия назначаются требования к материалу наброски, выбирается тип крепления русла, даётся оценка гидродинамического воздействия на мост или ледяной покров (при зимнем перекрытии) и так далее;
- гидравлические расчёты условий переключения расходов на строительные и постоянные водосбросы и наполнения водохранилища. При этом определяются: пропускная способность постоянных водосбросов при низких уровнях и пропускная способность штраблёных отверстий; даётся оценка гидродинамических воздействий на недостроенные сооружения; осуществляется выбор типа затворов, обеспечивающих закрытие водосбросов; даётся оценка возможности саморазмыва перемычек; разрабатывается схема маневрирования затворами в процессе наполнения водохранилища, обеспечивающая сохранность крепления в нижнем бьефе.

При выполнении гидравлических расчётов по пропуску строительных расходов и перекрытию русла реки рекомендуется руководствоваться [13, 16, 23–27] с учётом действующих нормативных документов.

При проектировании и строительстве гидротехнических сооружений I и II класса расчётные характеристики гидравлических условий и надёжность работы временных гидротехнических сооружений должны обосновываться результатами лабораторных исследований на физических моделях, включая условия перекрытия русла реки.

При возведении гидротехнических сооружений на судоходных реках все этапы строительства, связанные с изменением водного режима реки, должны согласовываться с соответствующими бассейновыми управлениями, осуществляющими судоходство на данной реке.

3.4.1.4. Водоотлив из котлованов и недостроенных сооружений

В данном параграфе описывается как рекомендуется осуществлять водоотлив из котлованов и недостроенных основных сооружений гидроузла. Как правило, в табличной форме приводится перечень потребного оборудования и материалов. В результате определяются необходимые для определения сметной стоимости данные, в том числе: принципиальные схемы организации водоотлива с указанием мест расположения насосных станций; трассы трубопроводов и их протяжённость; количество, типы и марки насосов и водопонижительных установок. Кроме этого, определяется интенсивность и продолжительность первоначальной откачки, что необходимо для уточнения сроков строительства.

В связи с тем, что основания ГТС (плотины, здания ГЭС, шлюзы и другие основные сооружения) находятся ниже уровней воды в реке, в их котлованах имеет место приток воды, профильтровавшейся через перемычки, откосы котлована и основание. Это требует организации водоотлива из котлованов и недостроенных сооружений для организации работы насухо. Водоотлив можно классифицировать как: *первоначальная откачка воды из котлована, открытый водоотлив и способ грунтового водопонижения.*

Первоначальная откачка воды из котлована требуется после отсыпки перемычек, отгораживающих часть русла реки. В зависимости от глубины откачки насосы могут располагаться стационарно на перемычке или бровке откоса, а чаще – на плаву на понтоне. Суммарный объём воды, откачиваемой из котлована, складывается из первоначального геометрического объёма воды в ограждённом перемычками пространстве и объёмов воды, поступающей за счёт фильтрации через перемычки, откосы котлована и основание. Существует понятие совершенного котлована, когда его основание доходит до водоупора, и вода поступает только через перемычки и откосы. Объём воды, поступающей за счёт фильтрации, определяется гидравлическими расчётами и зависит от времени первоначальной откачки котлована. При отсутствии данных для точных расчётов на основании практики строительства можно считать, что объём первоначальной откачки равен двум – четырём первоначальным геометрическим объёмам воды в ограждённом перемычками пространстве.

Продолжительность откачки котлована определяется производительностью насосов и допустимой интенсивностью откачки. Интенсивность откачки ограничивается

суффозионной устойчивостью грунтов откосов перемычек и котлована. Допустимая интенсивность откачки на начальном этапе составляет 0,5–0,8 м/сут в котлованах из скальных и крупнозернистых грунтов, 0,3–0,4 м/сут в котлованах из среднезернистых грунтов, 0,15–0,2 м/сут в котлованах из мелкозернистых грунтов [14]. Интенсивность откачки на конечном этапе при залегании в основании супеси, мелкозернистых или заиленных грунтов снижают из-за опасности разрыхления основания фильтрационным потоком снизу. Опасность разрыхления основания может быть и при наличии напорных вод в водоносном горизонте ниже основания. В этом случае необходимо до разработки котлована снизить напор в водоносном слое до безопасной величины глубинными водопонизительными установками или разгрузочными скважинами.

Откачка осуществляется, как правило, центробежными насосами. Их число в каждой насосной должно быть не менее двух с обязательным наличием резервного. Электроснабжение насосных также должно иметь резервное питание. Возможна откачка котлованов с помощью сифонов.

Открытый водоотлив. Для поддержания котлована в осушенном состоянии при открытом водоотливе на дне котлована по его периметру устраивается открытый дренаж в виде водосбросных каналов, перехватывающих фильтрующую воду и отводящих её к водосборным колодцам (зумпфам) насосных станций. Дренажные каналы и зумпфы должны располагаться за пределами контура основания ГТС.

Очень важным требованием при организации водоотлива является его надёжность. Затопление котлована – чрезвычайный случай, поэтому должны быть приняты меры по его недопущению. Для открытого водоотлива применяют, как правило, самовсасывающие центробежные насосы, имеющие резервные мощности и резервные источники электроснабжения.

Способ грунтового водопонижения. Основными элементами грунтового водопонижения являются фильтровые скважины (колодцы) и водопонизительные насосные установки. Плановое положение скважин относительно перемычек и дна котлована, их глубина определяются по результатам фильтрационных расчётов из условия обеспечения требуемой производительности и снижения уровня грунтовых вод. Способы устройства и оборудования скважин, их глубина зависят от типа применяемой водопонизительной установки. В гидротехническом строительстве применяются в основном четыре типа водопонизительных установок: иглофильтровые установки мелкого понижения, иглофильтровые установки глубокого понижения, глубинные водопонизительные установки в виде фильтровых колодцев с глубинными насосами и установки электроосушения. Установки электроосушения применяются для осушения котлованов в коллоидных грунтах с коэффициентом фильтрации менее 0,1–0,05 м/сут, слабо отдающих воду, где применение других видов водопонижения не даёт эффекта.

Более подробно вопросы организации водоотлива из котлованов изложены в [14, 15]. Эти рекомендации можно использовать с учётом наличия более современных насосов и водопонизительных установок на период разработки ПОС.

3.4.2. Земельно-скальные работы

3.4.2.1. Характеристика и объёмы работ

В данном параграфе, обычно в табличной форме, приводятся сведения по проектным (профильным) объёмам земельно-скальных работ по каждому сооружению гидроузла с разделением на выемку и насыпь и указанием характеристик грунтов.

Земельно-скальные работы выполняются при возведении любого гидроузла и практически любого сооружения. Это: отсыпка перемычек, разработка котлованов под сооружения, отсыпка тела плотины, дамб, других качественных насыпей, разработка карьеров, буртов, благоустройство территории, рекультивация и так далее.

Следует различать *проектные* (профильные) и *рабочие* (производственные) объёмы. *Проектные* объёмы определяются по геометрическим размерам сооружений, данным в ПД. Проектные объёмы по выемкам определяют по грунту в состоянии естественной плотности, по насыпям – с учётом коэффициента уплотнения.

Рабочие объёмы – это физически выполняемые объёмы земельно-скальных работ с учётом дополнительных объёмов, связанных с необходимостью устройства буртов при несовпадении дат выемки и отсыпки, осадкой насыпей, разработкой карьеров, потерями грунта (0,5–1,5 % при транспортировке [15]), выносе грунта при отсыпке в текущую воду и другими условиями производства работ. По рабочему объёму определяют число механизмов, трудовые затраты и стоимость работ.

Классификация грунтов для целей строительства учитывает тип применяемых машин и технологию их разработки. В связи с этим в основу строительной классификации грунтов положена трудность их разработки конкретной строительной машиной (одноковшовый или многоковшовый экскаватор, скрепер, бульдозер, грейдер).

3.4.2.2. Производство земельно-скальных работ по отдельным сооружениям

В этом параграфе описывается как планируется выполнять земельно-скальные работы отдельно по каждому сооружению гидроузла.

Разработка котлованов

Здесь приводятся параграфы ПОС, касающиеся разработки котлованов под каждое в отдельности основное сооружение гидроузла (бетонная и/или грунтовая плотина, здание ГЭС, водосброс, шлюз и другие сооружения). Результатом этого этапа разработки ПОС являются: технологические схемы, календарные планы (графики) производства земельно-скальных работ по котлованам каждого сооружения, потребное количество строительных машин

и механизмов, их типы и марки, рабочие объёмы и сроки выполнения этих работ.

Разработка котлованов, как правило, осуществляется экскаваторами с транспортировкой разрабатываемого грунта автосамосвалами. Применяются одноковшовые экскаваторы с прямой или обратной лопатой, значительно реже – драглайны. Типы и марка экскаваторов, их количество, определяются в зависимости от геометрических размеров котлована (длина, ширина, глубина, объём выемки), характеристик грунта и директивных (необходимых) сроков строительства. Ведущей строительной машиной является экскаватор. По его производительности подбираются вспомогательные строительные машины (автосамосвалы, бульдозеры, рыхлители). Комплекты машин подбирают на основании сравнения технико-экономических показателей различных вариантов.

Габариты котлованов должны учитывать необходимость размещения насосных станций для поверхностного водоотлива и глубинного водопонижения (при необходимости), размещения кранового и другого строительного оборудования, устройства внутриплощадочных дорог, площадок складирования и съездов в котлован. При разработке котлованов под бетонные сооружения на скальном основании оставляется защитный слой толщиной 40–50 см. При подготовке основания или разработке котлованов под качественные насыпи, если насыпь возводится не сразу, также оставляется защитный слой, который убирается перед отсыпкой. Толщина слоя 20–30 см при отсыпке до зимы и до 100–150 см (в зависимости от глубины промерзания грунта), если начало отсыпки предусматривается зимой. Это делается для предотвращения разуплотнения основания от воздействия различных факторов.

Иногда при разработке котлованов используются землеройно-транспортные строительные машины: скреперы, бульдозеры, грейдеры, фронтальные погрузчики. Скреперы применяют: на вскрышных работах в карьерах; для снятия растительного слоя перед разработкой котлована; при разработке неглубоких выемок. Бульдозеры используют для послышной разработки грунта и перемещения его на расстояние не свыше 100 м. Грейдеры в гидротехническом строительстве играют вспомогательную роль. Их используют при профилировании дорог, возведении дорожного полотна, планировке откосов качественных насыпей. Фронтальные погрузчики могут использоваться для разработки и погрузки грунта в карьерах, выемки грунтов и планировки площадок. Погрузка грунта фронтальным погрузчиком, как правило, выполняется в автосамосвалы.

Грунт, разработанный при устройстве котлованов, может удовлетворять требованиям, предъявляемым к качественным насыпям, подсыпкам, обратным засыпкам. Если разработка котлована не совпадает по времени с устройством качественной насыпи, где этот грунт может быть использован, его складировать в бурты, которые разрабатываются в последующем. Место размещения буртов указывается на стройгенплане.

В технологических схемах на разработку каждого котлована указываются: съезды, выезды, число забоев, ярусов разработки, схемы движения автотранспорта и других вспомогательных строительных машин.

При разработке ПОС в части технологии производства земельно-скальных работ при разработке котлованов с помощью вышеназванных землеройных и землеройно-транспортных строительных машин, определения их производительности, необходимого количества, организации забоев, можно использовать рекомендации, данные в [14, 15].

Качественные насыпи

Здесь описывается, как будут возводиться качественные насыпи (грунтовая плотина, дамбы, перемычки, обратные засыпки). Результатом этого этапа разработки ПОС являются: технологические схемы, календарные планы (графики) производства земельно-скальных работ по каждой качественной насыпи, необходимое количество строительных машин и механизмов, их типы и марки, рабочие объёмы, сроки выполнения этих работ, объёмы и классы опасности образующихся отходов в процессе выполнения земляных работ.

Качественные насыпи – это насыпи, к которым предъявляются определённые требования по составу и характеристике грунта, плотности, водонепроницаемости, устойчивости и другие требования. К ним относятся: грунтовые плотины, дамбы, перемычки, обратные засыпки, земляное полотно автомобильных и железных дорог и так далее.

Для качественных насыпей обычно используется качественный грунт из полезных выемок (котлованов) или карьеров. В принципе для грунтовой плотины пригодны практически все виды мягких грунтов, за исключением плавунных и илистых.

Возведение качественных насыпей всегда производится отдельными слоями, которые могут быть как горизонтальными, так и наклонными. Послойная отсыпка включает следующие технологические процессы:

- подготовка поверхности;
- отсыпка;
- разравнивание;
- дополнительная обработка грунта до требуемых технологических свойств (увлажнение или подсушивание, при необходимости);
- уплотнение;
- контроль качества.

Подготовка поверхности заключается в рыхлении (бороновании) верхнего укатанного слоя для обеспечения сплошности насыпи. Отсыпка грунта, как правило, производится автосамосвалами. Возможно применение скреперов, фронтальных погрузчиков, конвейеров и других транспортных средств. Разравнивание обычно производится бульдозерами слоем требуемой толщины. Дополнительная обработка грунта заключается в доведении грунта до требуемой влажности. Уплотнение грунта осуществляется машинами: статического действия (гладкими, пневмошинными, кулачковыми, решетчатыми катками, попутным проходом машин); динамического действия (трамбованием); вибрационного действия (виброкатки, гидровибраторы).

Технология возведения качественных насыпей должна быть такой, чтобы были удовлетворены все требования, предъявляемые к качеству сооружения. Эти требования указываются в технических условиях (ТУ) на возведение каждой конкретной качественной насыпи. ТУ на возведение плотины – ответственного сооружения в составе напорного фронта гидроузла, разрабатываются на основании проведённых расчётов по определению напряжённно-деформированного состояния (НДС), фильтрационной прочности элементов плотины, научных исследований и результатов опытной отсыпки на специальных полигонах на месте строительства. Для выявления свойств материалов, применяемых в насыпи, вначале выполняются соответствующие изыскания местных строительных материалов в объёме, достаточном для возведения сооружения. В ТУ регламентируются: гранулометрический состав грунта, оптимальная влажность, толщина слоя отсыпки, число проходок уплотняющих машин и их тип, объёмный вес уплотнённого грунта.

Для обеспечения непрерывности процесса возведения качественной насыпи её площадь разбивается на отдельные участки (карты), на которых последовательно выполняются указанные выше технологические операции.

Плотины чаще всего представляют собой неоднородную качественную насыпь, которая состоит из: упорных призм, ядра или экрана, переходных зон (фильтров). Все элементы плотины отсыпаются одновременно, но с некоторым опережением одной части над другой в зависимости от конструкции плотины. Упорные призмы из крупнообломочного материала (камень) возводятся с некоторым опережением относительно отсыпки экрана или ядра. В плотинах с ядром отсыпка переходных зон (фильтров) и ядра осуществляется «ёлочкой» или «ступеньками» при сохранении углов естественного откоса и с поочерёдной укладкой слоёв переходных зон (фильтров) и ядра. Уплотнение каждого элемента плотины осуществляется своими механизмами.

Упорные призмы из крупнообломочного материала отсыпаются:

- малыми слоями 1,0–3,0 м с уплотнением тяжёлыми катками, а иногда гружёными автосамосвалами;
- большими слоями 10–15 м с уплотнением гидромониторами;
- с замывом крупнообломочного материала песком.

Первый способ наиболее распространён в настоящее время. Этому способствовало появление тяжёлых катков в том числе вибрационного действия. При отсыпке применяется разнозернистая горная масса с большим содержанием мелочи. Толщина слоя отсыпки должна быть больше или равна трём диаметрам камня максимальной крупности ($H_{сл} > 3D_{max}$).

Второй способ использовался ранее. Для исключения сегрегации при сбрасывании на откос⁶ с большой высоты (до 15 м) для отсыпки использовались отсортированные

⁶ Отсюда пошло название – каменнонабросные плотины. Сейчас плотины отсыпаются и правильно было бы называть их каменнонасыпные плотины.

скальные породы, что удорожало строительство. Расход воды гидромонитора составлял 1–4 м³ на 1 м³ наброски.

Классическим примером третьего способа уплотнения является Высотная Асуанская плотина, построенная в Египте по проекту и с техническим содействием СССР. Для возможности замыва к наброске предъявляются специальные требования – содержание частиц менее 100 мм должно быть не более 50–60 %.

Толщина слоя отсыпки мягкого грунта определяется на основании опытной отсыпки и, в том числе, зависит от типа и марки грунтоуплотняющих машин. На предварительной стадии проектирования толщину слоя можно принимать равной 30 см.

В технологических схемах на возведение качественных насыпей указываются: заезды, съезды, разбивка на карты отсыпки, их число и очерёдность технологических операций на этих картах, схемы движения автотранспорта и других строительных машин, продолжительность отсыпки одного слоя на карте.

При разработке ПОС в части технологии производства работ по устройству качественных насыпей, подбору типов и марок строительных машин, в том числе грунтоуплотняющих, определения их производительности, потребного количества, можно использовать рекомендации, данные в [14, 15] с учётом появления более совершенных и производительных строительных машин.

3.4.2.3. Буровзрывные работы

В этом параграфе описывается как планируется выполнять буровзрывные работы. Главной целью при разработке производства буровзрывных работ в ПОС является достоверное определение объёмов буровых и взрывных работ, перечень и количество бурового оборудования, потребное количество взрывчатых веществ (ВВ), то есть того, что необходимо для определения стоимости работ.

Буровзрывные работы относятся к особо опасным работам и выполняются специализированными организациями, имеющими на это право. Параграф ПОС «Буровзрывные работы» по договору и заданию от генпроектировщика, как правило, разрабатывается специализированной проектной организацией (в советское время это был Гидроспецпроект).

Буровые работы. К собственно *буровым работам* относится комплекс производственных операций, связанных с бурением шпуров и скважин в грунте при разработке котлованов и карьеров в скальных и мёрзлых породах с рыхлением их взрывом, проходке туннелей горным способом, при устройстве противофильтрационных завес в основании ГТС и противофильтрационных элементов в теле плотины (стена в грунте), при упрочнении основания ГТС (цементация, силикатизация и другое).

Шпур – это цилиндрическая выработка в грунте диаметром до 75 мм и глубиной до 5 м.

Скважина – это цилиндрическая выработка диаметром более 75 мм.

Более подробно о способах бурения (колонковое, роторное шарошечное, шнековое, вращательное, ударное, ударно-вращательное) можно ознакомиться в [\[15, 28\]](#).

Взрывные работы. Взрыв – это чрезвычайно быстрое химическое превращение вещества или смеси веществ из одного агрегатного состояния в другое с переходом их потенциальной энергии в кинетическую энергию газообразных продуктов, образованием ударной волны и способных производить механическую работу сжатых газов, с выделением большого количества тепла.

С основными понятиями о промышленных ВВ, средствах взрывания, способах взрывания (огневой способ, бескапсульное взрывание с помощью детонирующего шнура, электрическое взрывание), методах взрывания (шпуровых зарядов, котловых зарядов, камерных зарядов, контурное взрывание) можно ознакомиться в [\[15, 28\]](#). Взрывчатые материалы хранят на особо охраняемых базисных и расходных складах, расположенных на безопасном расстоянии от существующих и строящихся объектов. Вместимость складов в зависимости от их назначения и номенклатуры взрывчатых материалов регламентируется «Едиными правилами безопасности при ведении взрывных работ».

При проектировании можно рекомендовать использование [\[29–33\]](#).

3.4.2.4. Карьеры местных строительных материалов

Приводятся инженерно-геологические данные по разведанным карьерам, а также: технологические схемы по каждому карьере, требуемое количество строительных машин и механизмов, их типы и марки, рабочие объёмы и сроки выполнения этих работ. Во избежание лишних затрат и сокращения стоимости работ при использовании грунта карьера в качественной насыпи, рабочие объёмы и сроки разработки карьера должны соответствовать интенсивности отсыпки в качественную насыпь. По этой причине технологические схемы и подбор строительных машин для разработки карьеров скального и суглинистого грунта должен выполняться после определения интенсивности устройства качественной насыпи. Интенсивность разработки песчано-гравийной смеси (ПГС) определяется потребностью в сортированных нерудных материалах для приготовления бетонной смеси, устройства фильтров, дренажей и других конструкций с учётом выхода из единицы объёма ПГС дефицитной фракции.

Местоположение карьеров должно быть указано на стройгенплане.

В гидротехническом строительстве широко используют местные природные строительные материалы: камень, щебень, гравий, песок, супесь, суглинок, которые получили название нерудных строительных материалов. От их наличия в достаточном или недостаточном количестве в районе строительства ГТС зависит конструкция этих ГТС

(грунтовая или бетонная плотина, тип противодиффузионного элемента грунтовой плотины и другое).

Строительные карьеры могут быть наземными и подводными.

Разработке карьеров предшествует геологическая разведка, по результатам которой определяют границы залегания и запасы нерудного материала, его основные физико-механические характеристики и прогнозируют инженерно-геологические условия разработки. Различают балансовый и забалансовый запас материалов карьера. К балансовым относятся запасы, использование которых экономически целесообразно, а к забалансовым – те, которые в данный момент использовать экономически нецелесообразно.

Одновременно с геологической разведкой выполняют топографическую съёмку местности для определения кратчайших транспортных связей месторождения с районом основных сооружений, возможность затопления или подтопления карьера при расположении его вблизи реки. Строительные карьеры желательно располагать как можно ближе к возводимым сооружениям для уменьшения стоимости транспортировки. При расположении карьера со стороны верхнего или нижнего бьефа он должен находиться на таком расстоянии от основных сооружений гидроузла, чтобы не была нарушена их устойчивость и не были ухудшены условия фильтрации в их основании. При расположении карьера в зоне затопления в ВБ следует увязывать сроки его разработки со сроками наполнения водохранилища до отметок карьера.

Работы на карьере начинают с удаления растительного слоя грунта. Его снимают сразу со всей площади, как правило, в талом состоянии до начала вскрышных работ и укладывают в отдельные бурты. В последующем этот грунт используют при благоустройстве площадок строительства и рекультивации нарушенных сельскохозяйственных земель, при необходимости – карьеров.

Вскрышные работы выполняют заранее или параллельно добычным работам в минимально необходимом объёме. Вскрышные породы иногда могут удовлетворять требованиям, предъявляемым к качественным насыпям, подсыпкам, обратным засыпкам и другое. Их складировать в отвалы, если грунт не будет использоваться в качественных насыпях, или бурты, при использовании породы в последующем, в том числе для рекультивации карьеров. Не допускается загрязнение полезного нерудного строительного материала вскрышными породами.

Разработку вскрыши мощностью до 2 м обычно ведут землеройно-транспортными машинами. При дальности перемещения до 100 м используют бульдозеры, от 100 до 900 м – прицепные скреперы, свыше 900 м – самоходные скреперы. При большей мощности вскрыша разрабатывается экскаватором на транспорт или в отвал с тремя-четырьмя перекидками. Отвалы обычно располагают за пределами карьера. При разработке карьера в один ярус отвалы можно создавать в отработанных забоях при условии, что это не усложнит транспортировку грунта.

Разработку карьера начинают с устройства разрезной капитальной траншеи. Капитальные траншеи подразделяют:

- по расположению относительно карьерного поля – на фланговые, центральные, внешние и внутренние;
- по числу обслуживаемых уступов – на отдельные (обслуживают один уступ), групповые (обслуживают группу уступов) и общие (обслуживают все уступы);
- по числу траншей, вскрывающих один горизонт – на одинарные (одна траншея) и парные (две траншеи).

Рыхление карьеров камня перед их разработкой выполняется с помощью взрывов. При полускальных породах рыхление может быть механическим, осуществляемым прицепным или навесным оборудованием.

Песчано-гравийное месторождение обычно представляет собой пластообразную залежь из смеси песка, гравия и валунов. При содержании песка более 50 % месторождение называют песчано-гравийным, менее 50 % – гравийно-песчаным. К песчаным относят месторождения с содержанием гравия не более 10 %.

Песчано-гравийные карьеры могут быть сухие, частично или полностью обводнённые и подводные. Объём карьера(ов) определяется потребностью строительства в песчано-гравийной смеси для возведения качественных насыпей, дренажей и фильтров, приготовления бетонной смеси и растворов, а также для дорожного строительства. Зерновой состав природной залежи обычно отличается от требований к материалу в ПД. Одних фракций может быть в избытке, других – в недостатке. В связи с этим объём добычи определяется выходом из единицы объёма дефицитной фракции. Излишний материал вывозится в отвал или складывается в бурты, если используется в дальнейшем.

Большая часть (около 60 %) песчано-гравийных карьеров частично или полностью обводнена. Их разрабатывают: без осушения, с водопонижением или с полным осушением. Грунтовые воды перехватывают дренажными траншеями, иглофильтрами или глубокими водопонизительными скважинами. Частично обводнённые карьеры разрабатывают двумя уступами – сначала сухим, затем – частично обводнённым. Разработка песчано-гравийного карьера без осушения производится драглайном, обратной лопатой, грейфером, плавучим земснарядом в штабель для обезвоживания материала с последующей разработкой его для доставки к месту использования непосредственно или к дробильно-сортировочному (сортировочному) заводу. Максимальная глубина добычи определяется характеристикой применяемых строительных машин и может достигать 25–30 м. Разработка полностью обводнённых карьеров выполняется плавучим земснарядом из-под воды.

Строительные карьеры суглинистого и глинистого грунта могут быть только наземными и разрабатываются насухо. Технологические схемы их разработки аналогичны описанным выше.

При разработке технологических схем разработки карьеров, подборе типов и марок строительных машин, определения их производительности, потребного количества, можно использовать рекомендации, данные в [\[15\]](#) с учётом появления более совершенных и производительных строительных машин.

3.4.2.5. Бурты и отвалы

В пояснительной записке, как правило, в табличной форме указываются все бурты и отвалы, образующиеся в ходе строительства, название грунта, его основные физико-механические характеристики и объём. Местоположение буртов и отвалов указывается на стройгенплане. При отсутствии свободного места в пределах отведённой строительной площадки, местоположение и размеры отвалов должны быть согласованы с местными органами власти отдельно.

Как было показано выше, при разработке котлованов под сооружения и карьеров образуются бурты и отвалы. Грунт, складываемый в буртах, используется в последующем при строительстве объекта. Грунт, складываемый в отвал, при данном строительстве не используется. Расположение буртов и отвалов должно быть оптимальным с точки зрения транспортных связей, экологии и охраны окружающей среды.

Бурты следует располагать в непосредственной близости от дорог, ведущих к сооружению, при возведении которого этот грунт будет использоваться, либо в непосредственной близости от самого сооружения на спланированной площадке.

При устройстве буртов для недопущения сегрегации укладываемый грунт должен отсыпаться слоями 1–2 м (в зависимости от грунта). Максимальная высота бурта назначается кратной забою предполагаемого при разработке и погрузке экскаватора. Такая технология отсыпки бурта позволяет при его разработке перемешивать слои и ликвидировать последствия возможной сегрегации.

При отсыпке грунта в бурт, при необходимости, может выполняться его обогащение (доведение гранулометрического состава до проектных требований), увлажнение или сушка.

При создании буртов суглинка в северной климатической зоне, при необходимости, с целью защиты их от промерзания следует предусматривать засоление и/или отопление предварительным рыхлением и снежным покровом. Засоление грунта производится твёрдой солью (техническим хлористым натрием) или концентрированным раствором соли. С рекомендациями по отоплению и/или засолению грунта в зависимости от климатической зоны, влажности грунта в бурте и глубины промерзания можно ознакомиться в [\[34\]](#).

Отвалы, как правило, следует располагать в естественных понижениях рельефа, старых выработках, на болотах. Расположение и форма отвалов не должны препятствовать стоку поверхностных вод и нарушать экологические условия площадки, в частности не должны способствовать образованию песчаных и снежных заносов. По окончании работ поверхность отвала планируют и укрепляют, а в необходимых случаях рекультивируют.

3.4.2.6. Рекультивация

В данном параграфе в пояснительной записке должны быть приведены виды и объёмы работ по каждому объекту рекультивации.

Рекультивация – это мероприятие по восстановлению земель в состояние, пригодное для их использования по целевому назначению. Она имеет два этапа, первый этап – техническая рекультивация, второй – биологическая рекультивация.

В соответствии с требованиями экологии и охраны окружающей среды нарушения, созданные в ходе строительства, должны быть максимально нивелированы. В этой связи все карьеры, отвалы грунта должны быть рекультивированы. Как правило, это техническая рекультивация, формирование безопасного рельефа. В некоторых случаях возможно восстановление плодородного слоя и посев трав. Эти работы связаны с затратами, которые должны быть учтены в смете строительства.

3.4.2.7. Общий календарный план (график) производства земельно-скальных работ

После того как были составлены локальные (или пообъектные) планы (графики) производства земельно-скальных работ по всем сооружениям гидротехнического объекта, составляется общий календарный план (график) производства земельно-скальных работ по объекту в целом. В нём указываются: все сооружения гидроузла, на которых выполняются земельно-скальные работы; виды работ (выемка, насыпь) по каждому сооружению; календарные годы, месяцы; начало и окончание этих работ; месячные и годовые интенсивности. Карьеры, бурты и отвалы тоже вносятся в этот план (график).

Последовательность и начало выполнения работ по каждому сооружению берётся из директивного или предварительного сводного календарного плана строительства гидротехнического объекта. Продолжительность и интенсивность выполнения работ принимается из локального плана (графика), так как он составлен на основании спроектированной технологии выполнения работ. Если сроки выполнения работ по локальному плану (графику) больше, чем спланировано в директивном (или предварительном сводном) календарном плане, рассматривается технологическая возможность сокращения срока выполнения работ по конкретному сооружению и выполняется корректировка ранее разработанной ПД. Если технологически невозможно сократить срок выполнения работ по какому-либо сооружению, продолжительность выполнения работ и интенсивность принимаются на основании локального плана (графика) сооружения. В этом случае корректируется сводный календарный план строительства объекта. Таким образом продолжительность и интенсивность земельно-скальных работ по гидротехническому объекту в целом подтверждается спроектированной технологией выполнения этих работ.

3.4.2.8. Баланс грунтов

Дается краткое описание баланса грунтов с приложением таблицы. Таблица (или ведомость) может быть выполнена в виде чертёжного листа, либо на отдельном листе пояснительной записки. Пример составления баланса грунтов приведён в [табл. 3](#).

Таблица 3

Выемка, тыс. м ³		Насыпь, тыс. м ³								
Сооружение	Объём	Перемышки	Бетонная плотина	Здание ГЭС	Грунтовая плотина	Площадка ОРУ	Бурт №1	Бурт №2	Отвалы	Всего
Перемышки	50	–	–	–	–	–	–	–	50	50
Бетонная плотина	1300	300	–	–	–	500	–	400	100	1300
Здание ГЭС	1550	–	–	–	–	800	–	650	100	1550
Грунтовая плотина	1250	–	–	–	–	–	–	–	1250	1250
Площадка ОРУ	30	–	–	–	–	–	–	–	30	30
Карьер №1	2277	115	–	–	570	32	1250	–	310	2277
Карьер №2	16 880	730	–	–	15 720	–	–	–	430	16 880
Карьер №3	3600	120	–	–	3200	–	–	–	280	3600
Бурт №1	1250	–	50	25	1085	90	–	–	–	1250
Бурт №2	1050	–	75	67	908	–	–	–	–	1050
Всего:	29 237	1265	125	92	21 483	1422	1250	1050	2550	29 237

Это очень важный параграф ПОС, который, к сожалению, иногда не выполняется при проектировании гидротехнического объекта, либо не соблюдается строительной организацией при отсутствии должного контроля со стороны застройщика (технического заказчика).

Баланс грунтов – это соотношение рабочих объёмов выемок и насыпей. Это документ, в котором устанавливается порядок распределения грунта, исключая произвольную укладку в бурт, отвал или качественную насыпь, многократные перекладки, предусматривается перемещение грунта по кратчайшим расстояниям с учётом сроков и последовательности производства работ, осадок основания, насыпи и потерь грунта (0,5–1,5 %) при транспортировке.

При проектировании грунтовых сооружений желательно стремиться к равенству объёмов выемки и насыпи, чтобы каждый кубометр грунта выемки был использован в насыпи. Вместе с тем разбросанность сооружений по РОР, непригодность грунтов выемок в ряде случаев для использования в качественных насыпях, несовпадение времени выполнения работ по выемке и насыпи приводят к тому, что иногда выгоднее брать грунт из близлежащих карьеров, а грунт выемок отправлять в отвал. Карьеры создаются и в случаях, когда объём грунта выемок меньше, чем объём насыпей. Баланс грунтов на

строительстве объекта минимизирует перевозки грунта, а следовательно стоимость выполнения земельно-скальных работ.

3.4.2.9. Потребность в строительных машинах, механизмах и автотранспорте для производства земельно-скальных работ

В данном параграфе в табличной форме приводятся данные о том, какие строительные машины, механизмы и автотранспорт требуются для возведения гидротехнического объекта в разные периоды времени и в каком количестве.

Это не трудно сделать, так как при разработке технологических схем возведения грунтовой плотины, устройства других качественных насыпей, разработки котлованов и карьеров всех сооружений ранее были определены строительные машины, механизмы, автотранспорт и их потребное количество. На основании общего календарного плана (графика) производства земельно-скальных работ определяется в какой период времени, на каком сооружении, какое количество строительных машин, механизмов и автотранспорта требуется и их суммарная величина в каждый период времени.

3.4.2.10. Контроль качества земельно-скальных работ

В данном параграфе указывается по каким нормативным документам (СП, СНиП, ГОСТ), ТУ, разработанным в составе ПД для конкретных сооружений и их конструктивов, и как должен осуществляться контроль качества земельно-скальных работ на сооружениях спроектированного объекта.

Более подробно об организации контроля качества СМР при возведении гидротехнических объектов сказано в [главе 3.5.](#) данного пособия.

При возведении грунтовых сооружений выполняется геотехнический контроль. Геотехнический контроль – это контроль качества оснований и грунтовых сооружений при строительстве. Основным руководящим документом является [\[35\]](#).

Наиболее ответственными сооружениями объекта являются сооружения напорного фронта и в первую очередь – грунтовая плотина. Контроль качества работ при возведении грунтовой плотины заключается в регулярном наблюдении за соответствием выполняемых работ требованиям ПД, РД и ТУ. Контрольные наблюдения ведут: за подготовительными работами; за качеством грунта в карьерах, буртах и правильностью его разработки; за соблюдением проектной технологии укладки и уплотнения грунта в сооружении; за качеством грунта на картах различных элементов сооружения (упорные призмы, переходные зоны, фильтры, ядро, экран); за соблюдением геометрических размеров сооружения и его элементов. Регулярно в соответствии с ТУ и [\[35\]](#) отбирают пробы грунта, определяют его зерновой состав и максимальную крупность, естественную и оптимальную влажность, пластичность, плотность грунта и его скелета, угол внутреннего трения,

сцепление, относительную плотность, коэффициент фильтрации, а для каменного материала дополнительно предел прочности, морозостойкость, трещиноватость и степень выветрелости.

3.4.3. Бетонные, монтажные и специальные работы

3.4.3.1. Характеристика и объёмы работ

В данном параграфе, обычно в табличной форме, приводятся сведения по проектным объёмам бетона по гидротехническому объекту в целом (за исключением подземных работ, которые даются отдельно) с указанием каждого сооружения гидроузла (плотина, здание ГЭС, водосброс, судоходный шлюз и так далее) с разделением на: монолитный вибрированный бетон, монолитный укатанный бетон (RCC), сборный железобетон, а также приводятся объёмы и классы опасности образующихся отходов в процессе выполнения бетонных работ.

3.4.3.2. Производство работ по возведению бетонной плотины

В этом параграфе описывается как планируется возводить бетонную плотину. Приводятся: технологические схемы возведения бетонной плотины на характерных этапах строительства (до перекрытия реки, после перекрытия реки до пуска первых агрегатов, после пуска первых агрегатов при достройке плотины) с указанием схемы расстановки бетоноукладочных и монтажных кранов, конвейеров, бетононасосов, перегрузочных узлов и другой строительной техники и механизмов; план (график) производства бетонных работ с распределением объёмов по годам строительства; потребность в строительных машинах и механизмах.

Технологические схемы возведения бетонной плотины условно можно классифицировать на *крановую* и в основном *бескрановую* схемы возведения.

Бетонная плотина чаще всего возводится с помощью бетоноукладочных кранов, электродвигатели которых способны работать в тяжёлом режиме (практически без перерывов в работе). *Крановая схема* в свою очередь подразделяется на *эстакадную и безэстакадную* схемы.

В 1960–1970-е годы строительство высоких бетонных плотин чаще всего осуществлялось *по эстакадной схеме*. Эстакадная схема с точки зрения производства работ является наиболее удобной, обеспечивающей фронт работы по всей плотине, минимальную перестановку кранов в процессе строительства и большую интенсивность укладки бетона. В этом случае в зависимости от размеров поперечного профиля плотины и радиуса действия планируемых к установке бетоноукладочных кранов возводятся одна или две бетоновозные эстакады. Они размещаются в плане таким образом, чтобы бетоноукладочные краны, установленные на них, охватывали всю плотину от верхнего до

нижнего бьефов. Ближняя к ВБ бетоновозная эстакада называется верховой, а ближняя к НБ – низовой эстакадой. Столбы плотины, на которые устанавливаются металлические опоры (пилоны) эстакад, возводятся с опережением для предоставления фронта работ по монтажу эстакады. Отметки проезжей части верховой и низовой эстакад выбираются с учётом высоты устанавливаемых на них кранов и профиля плотины. Стоящие на верховой эстакаде краны должны обеспечивать достройку плотины до верха. Первой монтируется низовая эстакада. На начальном этапе строительства плотины для возведения первых со стороны ВБ столбов бетоноукладочные краны устанавливаются перед напорной гранью плотины в зоне затопления. Перед затоплением и/или после монтажа верховой эстакады они перемонтируются на неё.

По эстакадной схеме, например, были возведены плотины Братской, Усть-Илимской, Зейской ГЭС. Для укладки бетона на Братской ГЭС специально были спроектированы и изготовлены двухконсольные краны. Благодаря эстакадной схеме на Братской и Усть-Илимской ГЭС была достигнута максимальная для СССР и России интенсивность укладки бетона – свыше одного млн м³/год.

Несмотря на несомненное технологическое преимущество, эстакадная схема имеет существенный недостаток – большая металлоёмкость и стоимость эстакады. При этом, если пролётное строение можно было демонтировать и использовать в последующем, то пилоны эстакады обетонировались и оставались в теле плотины. При дефиците металла в СССР и строгом контроле за его использованием, это был большой недостаток. В этой связи стали уходить от эстакадной схемы возведения бетонных плотин на *безэстакадную с перестановкой кранов* по мере возведения плотины. Краны устанавливались непосредственно на бетон тела плотины на определённых в ПОС отметках. На эти отметки проектировались въезды для доставки бетона, арматуры, металлоконструкций и других строительных грузов. Возросло число перестановок (перемонтажа) кранов с отметки на отметку, что привело к поиску технических решений по их самоподъёму (по вертикали) и перемонтажу укрупнёнными частями.

В качестве примера возведения по безэстакадной схеме можно привести технологические схемы возведения плотин Саяно-Шушенской, Бурейской, Богучанской ГЭС.

При строительстве плотин в горных труднодоступных районах с высокими узкими каньонами в XX веке в СССР и за рубежом применялась технологическая схема *возведения гидроузлов с использованием кабель-кранов*. Кабель-кран состоит из расположенных на противоположных берегах двух опор, между которыми натянут несущий канат. По несущему канату на роликах перемещается тележка с подъёмным блоковым устройством, к которой подвешиваются или бетонная бадья, или ковш, или вагонетка и другое. Они могут подниматься и опускаться. Тележку в движение приводит тяговый канат, идущий от неё к рабочим лебёдкам через закреплённые на опорах направляющие шкивы. Для установки кабель-крана в бортах каньона в створе будущего гидроузла выше гребня будущей плотины устраивают площадки для размещения опор кабель-крана башенного типа. Башня, на которой размещено силовое оборудование и аппараты управления, называется машинной, противоположная башня – опорной. Опоры бывают стационарные и передвижные. При стационарных опорах для перемещения грузов по сооружению (котловану) требуется

дополнительный транспорт. Передвижные опоры перемещаются по рельсовым путям. Возможно параллельное перемещение обеих опор или радиальное при одной перемещающейся опоре. Для подачи бетона и других строительных грузов в зону действия кабель-крана устраиваются бетоновозные дороги.

Достоинствами технологической схемы производства работ с кабель-краном являются: полная независимость кабель-крана от состояния работ на гидроузле и схемы пропуска строительных расходов; неизменность технологической схемы производства бетонных работ от начала до окончания строительства объекта; большая или полная зона обслуживания сооружений гидроузла; значительная грузоподъемность и возможность подавать к месту возведения различные грузы (бетон, арматура, опалубка, металлоконструкции, сборный железобетон и другое) независимо от габаритов груза.



Рис. 29. Чиркейская ГЭС

Недостатками этой технологической схемы являются: большая первоначальная стоимость кабель-крана и его монтажа, а также машино-смены; индивидуальность изготовления и практическая невозможность его повторного использования; особенность работы в виде так называемого «прыжка бадьи» при резкой разгрузке бадьи с бетоном или груза, что может привести к травмам.

В качестве примера возведения гидроузла по технологической схеме с кабель-краном можно назвать технологические схемы возведения Ингурской арочной плотины (Грузия), арочной плотины Чиркейской ГЭС (Дагестан, Россия). Первоначальный проект строительства Бурейской ГЭС также предусматривал установку кабель-крана, однако, после распада СССР, по ряду причин от этой схемы были вынуждены отказаться.

Основным способом повышения интенсивности укладки бетона, уровня механизации, сокращения сроков строительства является применение укатанного бетона при возведении бетонных плотин. *Технологическая схема возведения плотины из укатанного бетона* близка к технологической схеме возведения грунтовой плотины. Возведение производится отдельными слоями толщиной 30–50 см. Укладка бетона включает следующие технологические процессы:

- подготовка поверхности нижележащего бетона;
- отсыпка бетонной смеси;
- разравнивание;
- уплотнение;
- нарезка температурных швов;
- уход за уложенным бетоном.

При подготовке поверхности нижележащего слоя к укладке следующего, она очищается от грязи, мусора и увлажняется при высыхании. В целях снижения фильтрации по контакту между слоями бетона иногда, непосредственно перед отсыпкой вышележащего слоя, укладывается подстилающий слой цементно-песчаного раствора (если это требуется по ТУ).

Для транспортировки бетона от завода до сооружения используются большегрузные автосамосвалы и/или ленточные конвейеры. Подача бетонной смеси на отметку бетонирования осуществляется краном, кабель-краном, ленточным конвейером или бремсбергом. Смесь подаётся в бункер, установленный на отметке бетонирования. Из бункера бетон перегружается в самосвалы, транспортирующие его к месту отсыпки. При подаче бетонной смеси кранами она может перегружаться из бады непосредственно в кузов автосамосвала. Если краны охватывают всю площадь бетонирования, бетон может отсыпаться непосредственно из бады без перегрузки в автосамосвал.

Разравнивание смеси обычно производится бульдозером. Толщина укладываемого слоя назначается по результатам опытной укатки и задаётся в ТУ.

Уплотнение осуществляется вибрационными, комбинированными, пневматическими катками (иногда – гружёными автосамосвалами). Оптимальное число проходов уплотняющего механизма зависит от его характеристики, назначается по результатам опытной укатки из условия обеспечения требуемой плотности и задаётся в ТУ.

Если на карте бетонирования требуется устройство температурного шва, он устраивается машиной для нарезки швов.

Размеры карт бетонирования должны быть увязаны с разрезкой плотины на блоки бетонирования (секции), производительностью бетонного завода, производительностью строительных машин на карте и толщиной слоёв. Ширина карт, как правило, должна быть не менее двухкратной ширины уплотняющего механизма (катка), а длина кратна размеру блока бетонирования (секции). При уплотнении смежной карты уплотняющая машина должна перекрывать предыдущую полосу бетона не менее чем на 0,5–1,0 м. Перерывы в бетонировании примыкающих в плане карт не должны превышать сроков начала схватывания бетона.

Первый ярус бетонирования на контакте бетонной плотины со скальным основанием выполняется из вибрированного бетона. При сопряжении со скалой в бортах плотины глубокие пазухи также заполняются вибрированным бетоном и уплотняются вибраторами или вибротрамбовками.

Уход за уложенным бетоном заключается в постоянном увлажнении водой из перфорированных труб и/или шлангов. Допустимое время до перекрытия следующим слоем устанавливается в ТУ и определяется по результатам опытных работ. Оно зависит от температуры наружного воздуха и выражается в градусах-часах. При длительном перерыве требуется особая подготовка поверхности дополнительно к обычной, что регламентируется в ТУ. В этом случае, как правило, непосредственно перед отсыпкой вышележащего слоя укладывается подстилающий слой из цементно-песчаного раствора по всей площади карты бетонирования.

Конструктивно плотины из укатанного бетона можно свести к трём типам:

- плотины из укатанного бетона, расположенного внутри тела плотины и заключённого по контуру в оболочку из вибрированного бетона;
- плотины полностью из укатанного бетона, но с наличием экрана на напорной грани;
- плотины полностью из укатанного бетона, но с зональным его распределением по маркам бетона.

Наиболее предпочтительным для условий России, при наличии суровой и продолжительной зимы, когда укладка укатанного бетона практически невозможна, является первый тип. В этом случае оболочка из вибрированного бетона возводится при отрицательных температурах наружного воздуха отдельными столбами по традиционной крановой схеме, а укатанный бетон укладывается в теплое время года (пример, плотина Бурейской ГЭС). Недостатком такого возведения является наличие строительного шва между укатанным и вибрированным бетоном, который подлежит цементации.

Оболочка из вибрированного бетона может возводиться одновременно с укладкой укатанного бетона, что позволяет избежать образования строительного шва (пример, плотина Ташкумырской ГЭС в Киргизии, плотины в Японии). Это возможно при продолжительном тёплом периоде в году.

При втором типе плотин водонепроницаемость обеспечивается экраном на напорной грани плотины, выполненным из асфальтовой мастики, железобетонных панелей, полихлорвиниловой плёнки, геомембраны или их комбинации. У этой конструкции не всегда достаточна надёжность контакта экрана с телом плотины, имеется опасность повреждения водонепроницаемости экрана. При повреждении экрана возникает давление воды в шве между экраном и напорной гранью, происходит отрыв экрана и возникает опасность большой фильтрации через горизонтальные швы укатанного бетона тела плотины. Негативным примером является плотина ГЭС Капанда, когда в результате военных действий в стране возник большой перерыв в строительстве и произошло нарушение водонепроницаемости экрана.

Третий тип плотины самый технологичный и экономичный, но имеет большие трудности в обеспечении водонепроницаемости. Первые плотины в США (Уоллоу Крик,

Аппер Стилуотер) были такого типа. В них наблюдалась большая фильтрация через межслойные швы. Устранение проблемы методом цементации этих швов потребовало такого количества цемента, которое могло потребоваться при возведении данных плотин из традиционного вибрированного бетона. Это свело на нет экономию при возведении плотин.



Рис. 30. Строительство плотины Коусар (Иран) высотой 144 м

При разработке технологических схем возведения плотины из укатанного бетона можно использовать рекомендации, данные в [\[14\]](#). Более подробно с возведением плотин из укатанного бетона можно познакомиться в [\[36, 37\]](#).

Невысокие бетонные плотины малых ГЭС с небольшим объёмом бетона могут возводиться с помощью передвижных кранов на гусеничном или пневмоколёсном ходу, а также с помощью бетононасосов с распределительной стрелой.

3.4.3.3. Производство работ по возведению здания ГЭС

В этом параграфе описывается как планируется возводить открытое приплотинное или береговое здание ГЭС. (Производство работ по подземному зданию ГЭС см. [параграф 3.4.4.](#)). Приводятся: технологические схемы возведения здания ГЭС на характерных этапах строительства (до пуска первых агрегатов, после пуска первых агрегатов при достройке здания ГЭС) с указанием схемы расстановки бетоноукладочных, монтажных кранов и другой строительной техники и механизмов; план-график производства бетонных работ с распределением объёмов по годам строительства и потребность в кранах и строительных машинах.

При возведении здания гидроэлектростанции до затопления отводящего канала ГЭС и пуска первых агрегатов бетоноукладочные краны (или один кран, в зависимости от интенсивности бетонных работ) устанавливаются, как правило, в отводящем канале ГЭС. Перед затоплением отводящего канала ГЭС и пуском первых агрегатов эти краны (кран) перемонтируются на мост по бычкам нижнего бьефа ГЭС (где устанавливается эксплуатационный козловой кран для маневрирования затворами отсасывающих труб), если это возможно. При приплотинном расположении здания ГЭС возможна установка или использование уже установленных кранов (в том числе монтажных) на плотине или бетоновозной эстакаде со стороны ВБ относительно здания ГЭС.

Пуск первых агрегатов производится при полной готовности машинного зала над пусковыми и одним-двумя последующими агрегатами. Производство бетонных работ под крышей машзала удобнее всего выполнять с помощью бетононасосов. Иногда используется эксплуатационный мостовой кран машзала, участвующий в монтаже гидроагрегатов, однако это нежелательно и может быть применено в крайнем случае.

3.4.3.4. Производство работ по возведению водосброса

В этом параграфе описывается как планируется возводить водосбросное сооружение гидроузла. Приводятся: технологические схемы возведения водосброса на характерных этапах строительства с указанием схемы расстановки бетоноукладочных, монтажных кранов и другой строительной техники и механизмов; план-график производства бетонных работ с распределением объёмов по годам строительства и потребность в кранах и строительных машинах.

Если водосливная плотина входит в состав напорного фронта гидроузла и является частью бетонной плотины, она возводится по той же технологической схеме, что и остальная часть плотины. Для её возведения используются те же краны и строительные машины. В этом случае отдельная технологическая схема может не составляться. Объёмы работ и их распределение по годам строительства для водосливной плотины указываются отдельно.

Если водосброс является отдельным сооружением гидроузла, например, береговой водосброс, для него разрабатываются отдельные технологические схемы. Его возведение обычно осуществляется с использованием кранов, в том числе передвижных на гусеничном или пневмоколёсном ходу.

Особые требования предъявляются к водосливной грани водосбросов. Она должна быть прочной, морозостойкой, гладкой, без выпусков арматуры, уступов, раковин, пор и пустот, являющихся следствием имевшихся в наружном слое бетона воздушных пузырьков и излишней влаги. Бетонирование водосливной грани выполняется в специально конструируемой и изготавливаемой адсорбирующей и/или вакуум-опалубке. Крепление этой опалубки осуществляется вне сливной поверхности в районе разделительных бычков плотины. Перед бетонированием водосливной поверхности должен быть составлен качественный ППР, в том числе разработана конструкция опалубки применительно к конкретным размерам водосливногo пролёта. Подробнее об опалубке водосливной поверхности см. [параграф 3.4.3.7](#).

При разработке технологических схем производства работ по водосбросу, имеющему в своём составе водосбросные туннели и другие подземные сооружения, следует руководствоваться рекомендациями [параграфа 3.4.4](#).

3.4.3.5. Производство работ по возведению других бетонных сооружений гидроузла

При наличии в составе гидроузла других бетонных сооружений (например, судоходный шлюз, судоподъёмник, рыбоход) на их возведение также разрабатываются технологические схемы, планы-графики производства бетонных работ с распределением объёмов бетона по годам строительства и потребность в строительных машинах.

3.4.3.6. Арматурные работы

В данном параграфе указывается общий объём арматурных работ с разбивкой по сооружениям гидроузла, годам строительства и даются рекомендации по организации арматурных работ.

Арматурные работы – это комплекс технологических операций, включающий приём и хранение арматурной стали, изготовление арматурных конструкций, транспортирование их к месту установки, монтаж и сдачу под бетонирование.

В ГТС арматура, как правило, применяется в виде арматурных конструкций: армопакетов, армосеток, каркасов и ферм. Применяется и армирование одиночными стержнями.

Армопакеты и армосетки – это плоские арматурные конструкции с расположением арматуры в одном направлении (армопакеты) и в двух направлениях (армосетки).

Каркас – это объёмная конструкция, состоящая из двух плоских сеток, жёстко соединённых между собой монтажной арматурой, обеспечивающей неизменяемость каркаса в процессе изготовления, транспортирования и монтажа.

Ферма – это объёмная конструкция значительных размеров, состоящая из нескольких сеток и каркасов, расположенных в трёх плоскостях конструкции.

Применение арматурных конструкций повышает производительность труда при производстве арматурных работ и сокращает сроки строительства бетонных сооружений, но связано с некоторым перерасходом металла из-за необходимости придания арматурной конструкции необходимой жёсткости и неизменяемости формы при транспортировании и монтаже. Арматурные конструкции изготавливают в арматурных мастерских строительства. Мощность арматурного производства определяется по среднемесячной потребности в арматурных конструкциях для года с наибольшим объёмом арматурных работ. В качестве расчётного принимается год с максимальной интенсивностью бетонных работ.

Производительность арматурной мастерской P_a можно определить по формуле [15]:

$$P_a = V_p q_a k/n ,$$

где V_p – максимальный месячный объём бетона, м³/мес; q_a – средний расход арматуры на один м³ бетона, т/м³; k – коэффициент неравномерности работы арматурной мастерской, принимаемый равным 1,2–1,3; n – число рабочих смен в месяц.

Для определения объёма арматурных работ в ПД составляют принципиальную схему армирования каждого бетонного сооружения с указанием типа арматурных конструкций и их основных размеров [14]. Насыщение железобетонных конструкций арматурой определяется отношением суммарной массы всей арматуры в конструкции к объёму этой конструкции.

Осреднённый удельный расход арматуры для предварительных расчётов можно принимать по [табл. 4 \[14\]](#).

Таблица 4

№ п/п	Сооружение	Удельный расход арматуры, кг/м ³
1	Бетонные плотины на скальном основании: а) гравитационные б) облегченные в) арочные	5–10 10–15 15–20
2	Бетонные плотины на мягком основании	20–25
3	Здания ГЭС, шлюзы	25–30

Транспортировку арматурных конструкций от места изготовления до места установки осуществляют грузовыми автомашинами непосредственно в кузове автомашины или на специальных прицепных платформах в зависимости от размеров и веса конструкций. Монтаж армоконструкций на место установки осуществляют бетоноукладочными или монтажными кранами.

Арматурные работы имеют свою специфику, поэтому их выполнение целесообразно поручать либо специализированному подразделению генподрядчика, либо специализированной субподрядной организации, осуществляющей монтаж металлоконструкций. В советский период такой организацией был Всесоюзный трест Гидромонтаж (ГМ), изготавливавший арматурные конструкции на своей базе в районе строительства.

3.4.3.7. Опалубочные работы

В данном параграфе, как правило в табличной форме, указывается общий объём опалубочных работ с разбивкой по сооружениям гидроузла, годам строительства и даются рекомендации по организации опалубочных работ.

Опалубочные работы – это комплекс технологических операций, включающий изготовление опалубки, транспортирование её к месту установки, установку, раскрепление в заданном РД положении, снятие (распалубку) после твердения бетона, очистку и ремонт опалубочных щитов.

В зависимости от материала опалубку подразделяют на деревянную, металлическую, деревометаллическую, бетонную или железобетонную.

Поверхности блока, подлежащие ограждению опалубкой, называют опалубливаемыми поверхностями, а отношение площади опалубливаемой поверхности блока бетонирования S (м^2) к его объёму V (м^3) – коэффициентом опалубливаемой поверхности K_{on} ($\text{м}^2/\text{м}^3$).

$$K_{on} = S/V$$

Этот коэффициент характеризует массивность конструкций. При $K_{on} < 1 \text{ м}^2/\text{м}^3$ конструкции относят к массивным, при $K_{on} > 1 \text{ м}^2/\text{м}^3$ – к тонкостенным. Для массивных бетонных плотин (Братская, Красноярская, Усть-Илимская) $K_{on} = 0,15\text{--}0,30 \text{ м}^2/\text{м}^3$, для блоков здания ГЭС $K_{on} = 0,4\text{--}0,6 \text{ м}^2/\text{м}^3$. В отдельных конструкциях (например, подпорные стенки) $K_{on} > 1 \text{ м}^2/\text{м}^3$ и может достигать $5,0 \text{ м}^2/\text{м}^3$ (колонны, балки, перекрытия). По опыту строительства осреднённый K_{on} для гидротехнических сооружений составляет: для массивных плотин – $0,26$; для массивных частей здания ГЭС – $0,68$; для шлюзов – $0,43$; в целом для гидроузлов – $0,5 \text{ м}^2/\text{м}^3$. Для гидроузла с плотиной из укатанного бетона коэффициент опалубливаемости будет значительно меньше.

С видами и типами опалубки, а также их конструкцией и расчётом можно ознакомиться в [14, 15]. Конкретный тип применяемой опалубки определяется в ППР.

Снятую после достижения бетоном необходимой прочности опалубку очищают от налипшего бетона и грязи, ремонтируют, после чего повторно используют для опалубливания следующих блоков, повторяя это несколько раз. Повторное использование опалубки называется оборачиваемостью опалубки. Рекомендуемая оборачиваемость

деревянной опалубки 8–10 раз⁷, металлической – 50 раз. При этом следует учитывать, что при бетонировании в зимний период тёплая опалубка не должна сниматься с поверхности блока до достижения определённого ТУ перепада температур ядро-грань. В противном случае на поверхности блока могут появиться температурные трещины. Это обстоятельство снижает оборачиваемость тёплой опалубки.

Для определения типов и размеров опалубки для каждого сооружения составляют схемы опалубки, на которых указывают принципиальные типы опалубки и их размеры. На основании этой схемы определяют объёмы работ по изготовлению и монтажу опалубки различного типа [14].

Для изготовления различных типов опалубки в составе производственной базы предусматривают соответствующие предприятия. Деревянную опалубку изготавливают в опалубочных мастерских, железобетонную – на заводах или полигонах сборного железобетона. Производительность этих предприятий зависит от интенсивности бетонных работ с учётом оборачиваемости данного типа опалубки. Мощность предприятий рассчитывается на среднемесячную потребность опалубки данного типа в пиковый год строительства. Общую среднемесячную потребность в опалубке различного типа можно определить по формуле:

$$F_i = J q_{on} K_i \text{ (м}^2\text{/мес.)},$$

а производительность отдельных цехов по формуле:

$$P_i = F_i K_{нер} / O_i \text{ (м}^2\text{/мес.)},$$

где J – среднемесячная интенсивность бетонных работ в пиковый год строительства м³/мес.; q_{on} – средний удельный расход опалубки в м² на 1 м³ бетона по расчёту (по опыту строительства: 0,3 – для гидроузлов с массивными бетонными сооружениями; 0,5 – для гидроузлов иного типа [14]); K_i – доля данного типа опалубки в общей опалубываемой поверхности; $K_{нер}$ – коэффициент неравномерности работы опалубочной мастерской в течение года; O_i – оборачиваемость опалубки i -го типа. Аналогично определяется потребность в железобетонной, металлической и другой опалубке.

Отдельно следует выделить специальную опалубку для бетонирования водосливных граней водосбросов, которая проектируется при разработке ППР. Конструктивно это щиты большой длины, перекрывающие весь водосливной пролёт, не имеющие никаких креплений и выпусков в пролёте и крепящиеся вне водосливной поверхности в районе разделительных бычков. Основные несущие нагрузки конструкции (каркас), как правило, выполняются в виде металлических ферм. Для упрочнения поверхностного слоя бетона на палубу опалубки накладывают влагопоглощающий (адсорбирующий) слой, отсасывающий в период твердения бетона часть свободной воды. Слой бетона, примыкающий к поверхности адсорбирующей опалубки, имеет более высокую прочность, плотность, морозостойкость и водонепроницаемость. В качестве адсорбирующего материала

⁷ Личный опыт строительства автора не подтверждает такой оборачиваемости деревянной опалубки, по факту она меньше. При снятии опалубочные щиты часто деформируются и ломаются.

применяются лёгкие деревоволокнистые плиты, листы картона и другой адсорбирующий материал.

На криволинейных участках водосливных поверхностей (оголовки, носки-трамплины) с той же целью применяют вакуум-опалубку. Щиты такой опалубки образуют замкнутое пространство. К палубе со стороны поверхности бетона крепится фильтрующий слой. В этом замкнутом пространстве с помощью вакуум-насоса создаётся разрежение, благодаря чему через фильтрующий слой отсасывается часть свободной воды и воздуха из поверхностного слоя бетона. Таким образом удаётся упрочнить слой бетона толщиной 20–25 см и извлечь из него до 15–17 % воды. Бетон, обработанный вакуумированием, имеет повышенную плотность, прочность, морозостойкость и высокую сопротивляемость истиранию. Схему вакуум-опалубки см. в [14].

Транспортировку опалубки от места изготовления до места установки осуществляют грузовыми автомобилями. Монтаж крупнощитовой опалубки на место установки осуществляют бетоноукладочными кранами.

3.4.3.8. Производство бетонных работ в периоды с отрицательными температурами наружного воздуха⁸

В данном параграфе на основании общего календарного плана (графика) производства бетонных работ в табличной форме даётся объём бетонных работ, выполняемых в зимний период строительства, с разбивкой по сооружениям гидроузла и приводятся рекомендации по производству бетонных работ в зимнее время.

Производство бетонных работ в зимний период требует соблюдения особых требований с целью недопущения замораживания бетона, обеспечения надёжности и безопасности сооружения и его конструктивных элементов. Минимальная прочность, при которой замораживание бетона становится неопасным, называется критической. Величина критической прочности зависит от марки бетона, типа конструкций и условий их работы. Для конструкций ГТС, подвергающихся многократному замораживанию и оттаиванию или воздействию давления воды, а также для всех конструкций, к которым предъявляются специальные требования по морозостойкости и водонепроницаемости, величина критической прочности равна 100 %. Таким образом, замораживание бетона ГТС возможно только при 100 % наборе прочности.

Особые требования к производству бетонных работ предъявляют при наличии одного из условий:

- среднесуточная температура наружного воздуха ниже 0 °С;
- минимальная температура в течение суток равна или ниже минус 5 °С;

⁸ При строительстве в жарком климате при отсутствии отрицательных температур, в этом параграфе, при наличии осложняющих производство работ и удорожающих факторов, следует освещать «Производство бетонных работ в периоды высоких положительных температур».

- температура основания ниже 0 °С.

Определение объёма бетонных работ, выполняемых в зимний период времени (особенно при строительстве в России в районах Сибири и Дальнего Востока) необходимо для того, чтобы наиболее полно учесть особенности производства бетонных работ, влияющие на стоимость и сроки строительства объекта. Производство бетонных работ в зимнее время требует больших дополнительных затрат: подогрева инертных и воды на бетонном заводе; подогрева бетонной смеси при транспортировании от бетонного завода к месту укладки; установки более дорогой тёплой опалубки; устройства шатров или тепляков над блоком бетонирования для создания положительной температуры в блоке в пределах плюс 5–10 °С; установки обогревательных приборов (паро- или электрокалориферов) в блоке бетонирования; прогрева основания на глубину, обеспечивающую соблюдение требований температурного режима, утепление поверхности бетона после бетонирования (и после снятия цементной плёнки для вибрированного бетона).

Производительность рабочих, одетых в зимнюю одежду, несколько стесняющую движения, также снижается. Кроме этого, при температурах ниже минус 40 °С может прекращаться работа кранов и других строительных машин. Подробнее о производстве работ в зимнее время можно прочесть в [\[14, 15\]](#).

Увеличение стоимости и сроков строительства при производстве бетонных работ в зимнее время должно учитываться при составлении сводного сметного расчёта.

3.4.3.9. Общий календарный план (график) производства бетонных работ

После составления локальных (или пообъектных) планов (графиков) производства бетонных работ по всем сооружениям гидротехнического объекта, составляется общий календарный план (график) производства бетонных работ по объекту в целом. В нём указываются: все основные сооружения гидроузла, на которых выполняются бетонные работы (за исключением подземных сооружений); разделение на монолитный вибрированный бетон, монолитный укатанный бетон, сборный железобетон по каждому сооружению; календарные годы, месяцы; начало и окончание этих работ; месячные и годовые интенсивности.

3.4.3.10. Монтажные работы

Монтаж гидросилового оборудования.

В данном параграфе приводятся, как правило в табличной форме, проектные характеристики гидротурбины и гидрогенератора, даются краткие рекомендации по их монтажу и рекомендуемый укрупнённый график монтажа гидроагрегатов в увязке со сроками возведения здания ГЭС. Кроме этого,

приводится принципиальная схема раскладки деталей и узлов гидроагрегата при его сборке на монтажной площадке.

Историческая справка. Монтаж гидросилового оборудования (ГСО) ГЭС – это наиболее сложная и ответственная работа, так как вес монтируемого оборудования составляет десятки и даже сотни тонн, а точность монтажа – миллиметры и даже доли миллиметров. Такая работа требует высокой квалификации работников и большого практического опыта.

Гидротурбины начали производить в СССР на Ленинградском металлическом заводе (ЛМЗ) с 1924 г. Изначально монтаж турбин выполнялся заводом-изготовителем. Обычно на монтаж направляли тех рабочих, которые проводили её контрольную сборку в цехе. В 1930 г. на ЛМЗ был создан отдел по монтажу паровых и водяных турбин, а в 1933 г. он разделился на два самостоятельных отдела: отдел монтажа паровых турбин и отдел монтажа водяных турбин. В 1942 г. на базе этого отдела по распоряжению Совета Народных Комиссаров СССР в Наркомэлектро была организована Спецконтора № 2 (СК-2). Через пять лет в 1947 г. СК-2 распоряжением Совета Министров СССР была реорганизована во Всесоюзный специализированный трест по монтажу гидросилового оборудования – Спецгидроэнергомонтаж (СГЭМ). Основателем и первым руководителем СК-2 и СГЭМ был Михаил Александрович Барковский (1899–1982). Он был пионером отечественного гидротурбостроения, с 1924 по 1938 гг. трудился на ЛМЗ в качестве инженера, старшего инженера и начальника отдела по конструированию и монтажу водяных турбин, в период с 1939 по 1941 гг. работал во ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева и Гидроэнергопроекте (ГИДЭПе). Подробно об истории создания СГЭМ, деятельности М. А. Барковского и СГЭМ можно познакомиться в [\[38, 39\]](#). С 1947 г. все гидроагрегаты на построенных ГЭС были смонтированы СГЭМ. После развала Советского Союза монтаж ГСО на ГЭС продолжали выполнять бывшие подразделения СГЭМ, изменившие свой юридический статус.

В советский период времени заводы-изготовители гидросилового оборудования определялись на стадии П. Это позволяло при проектировании привязывать конкретное оборудование с его конкретными характеристиками (размерами, весами, стоимостью и другое). Гидропроект и завод-изготовитель работали в связке. С принятием в России закона об обязательном проведении конкурсов на поставку ГСО ситуация изменилась. При разработке ПД определяются основные характеристики ГСО, а завод-изготовитель становится известен только после проведения конкурса. Привязка конкретного оборудования осуществляется при разработке рабочей документации. Таким образом, разработка параграфа ПОС по монтажу ГСО выполняется на основании определённых в ПД основных характеристик и параметров ГСО по аналогам.

Организация для монтажа ГСО на конкретной гидроэлектростанции также определяется на основании конкурса. В связи со значительным сокращением числа строящихся ГЭС в России способные монтировать ГСО организации будут исчезать, а число квалифицированных монтажников значительно уменьшаться. Это может привести к тому, что договор с заводом-изготовителем будет заключаться на изготовление оборудования, поставку и монтаж, как было сто лет назад.

Закладные части и рабочие механизмы гидротурбины и гидрогенератора. В комплекс работ по монтажу ГСО входят: монтаж закладных частей и монтаж рабочих механизмов гидротурбины и гидрогенератора.

К закладным частям гидротурбины относятся: облицовка отсасывающей трубы, спиральной камеры, шахты турбины, камеры рабочего колеса; фундаментное кольцо; статор турбины; опорные колонны; нижнее кольцо направляющего аппарата, а для некоторых конструкций гидротурбины также и верхнее кольцо. Закладные части гидрогенератора – фундаментные стальные плиты и опоры под них, которые являются элементами гидрогенератора, связывающими его основные узлы с бетонным основанием.

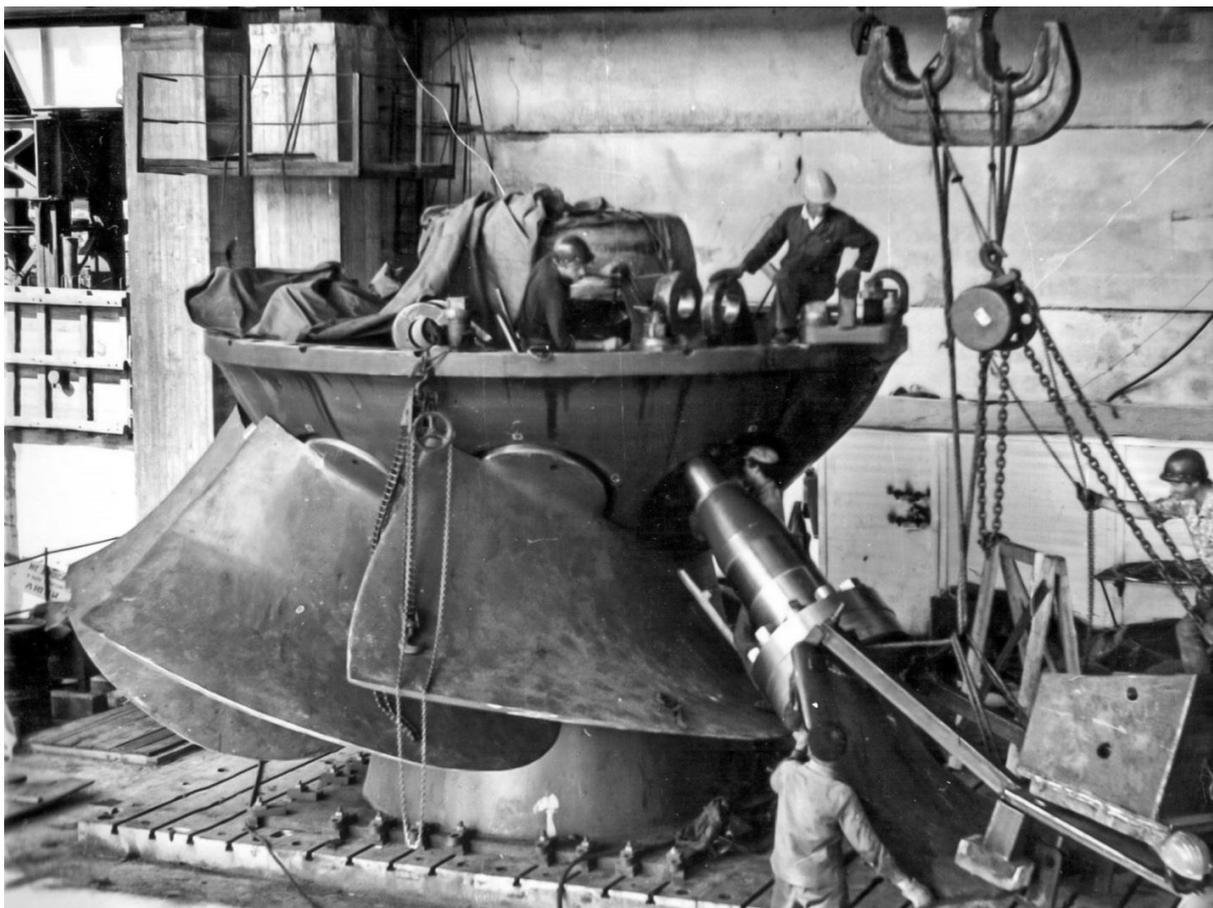


Рис. 31. Монтаж лопасти рабочего колеса диагональной турбины на Зейской ГЭС

К рабочим механизмам гидротурбины относят: направляющий аппарат, рабочее колесо с валом, крышку турбины, направляющие подшипники и другие более мелкие узлы и детали. Рабочие механизмы гидрогенератора: статор генератора с обмотками; ротор с валом, остовом и ободом; подпятник; направляющие подшипники; крестовина; система возбуждения и регулирования и другие более мелкие узлы и детали.

Закладные части ГСО монтируются и обетонируются при производстве бетонных работ бетоноукладочными кранами. Если их грузоподъемности недостаточно (например, для монтажа статора турбины), планируется установка монтажного крана достаточной грузоподъемности. Необходимость монтажа этого крана должна быть отражена в ПОС.

Рабочие механизмы гидротурбины и гидрогенератора монтируются при наличии 100% готовности строительной части здания ГЭС эксплуатационными мостовыми кранами.

Их грузоподъёмность определяется весом самого тяжёлого элемента гидроагрегата (как правило, ротора генератора). Подготовка ГСО к монтажу и укрупнительная сборка производится на монтажной площадке, поэтому монтажная площадка здания ГЭС должна возводиться опережающими темпами. Это ускорит начало работ по монтажу гидросилового оборудования.

Более подробно с монтажом ГСО на ГЭС можно ознакомиться в [\[15, 28, 40\]](#) и другой специальной литературе. Сборка рабочего колеса на монтажной площадке и установка ротора генератора на Зейской ГЭС показаны на [рис. 31, 32](#).



Рис. 32. Установка ротора генератора на Зейской ГЭС

Монтаж механического оборудования и металлоконструкций

В данном параграфе приводится, как правило в табличной форме, перечень механического оборудования и металлоконструкций, подлежащих монтажу при строительстве объекта, их проектные характеристики (габариты, вес и другое), даются рекомендации по их монтажу, потребность в монтажных кранах, специальных транспортных средствах, трейлерах (при необходимости) и рекомендуемый укрупнённый план (график) монтажа в увязке со сроками возведения ГЭС.

К механическому оборудованию относятся: гидротехнические затворы с опорно-ходовыми и закладными частями, сороудерживающие решётки, подъёмно-транспортные машины и механизмы (краны мостовые, козловые, тельферы, гидropодъёмники), решётко-очистительные машины, тележки для пережатки затворов, трансформаторов и тому подобное. *(В настоящее время всё это ошибочно стали называть гидромеханическим оборудованием, что представляется неверным. Сомневающимся рекомендую посмотреть учебники и нормативные документы советского периода. Гидромеханическим оборудованием из вышеперечисленного можно назвать только гидropодъёмники, работа которых осуществляется с помощью гидрoпривода).*

К металлоконструкциям относятся: металлические трубопроводы (водоводы); уравнильные резервуары; облицовки; временные и постоянные эстакады; подкрановые балки и крановые пути; служебные, автодорожные и железнодорожные мосты и другое. Монтаж звена турбинного водовода на Зейской ГЭС показан на [рис. 33](#).

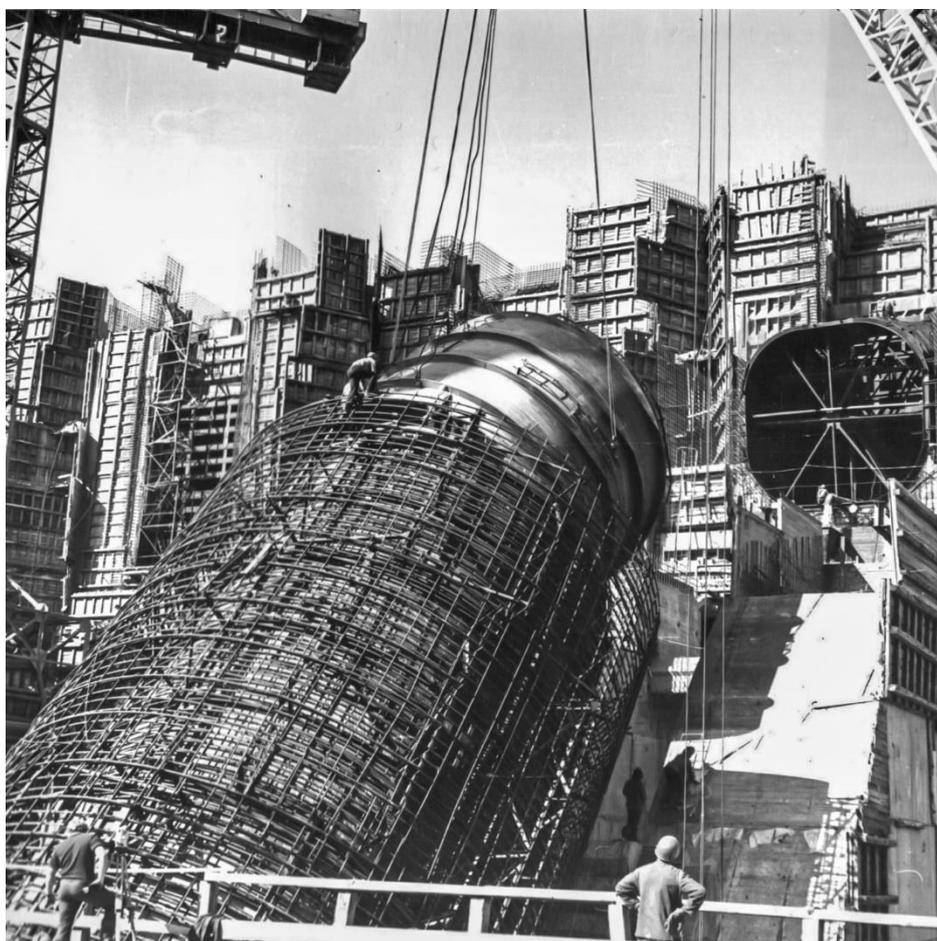


Рис. 33. Монтаж звена турбинного водовода на Зейской ГЭС

Производство монтажных работ в гидротехническом строительстве характеризуется большим разнообразием и индивидуальностью технологических решений. Для монтажа механического оборудования и металлоконструкций используют разнообразные грузоподъёмные механизмы: самоходные стреловые, козловые, башенные монтажные краны; монтажные стрелы и мачты; порталы. При большой массе монтируемого изделия иногда используют спаренную работу кранов.

Более подробно о монтаже: закладных частей механического оборудования; затворов, решёток и ворот шлюзов; стационарных и подвижных механизмов (гидроподъёмников, мостовых и козловых кранов, канатных и цепных механизмов); трубопроводов; уравнильных резервуаров; стальных облицовок водоводов; эстакад и пролётных строений мостов можно ознакомиться в [\[15, 28, 41\]](#) и другой специальной литературе.

Монтаж механического оборудования и металлоконструкций имеет свою специфику, поэтому их выполнение целесообразно поручать либо специализированному подразделению генподрядчика, либо специализированной субподрядной организации, осуществляющей монтаж металлоконструкций. В советский период такой организацией был Всесоюзный трест Гидромонтаж (ГМ), производивший укрупнительную сборку механического оборудования и металлоконструкций на своей базе в районе строительства.

Монтаж электротехнического оборудования

В данном параграфе приводится, как правило в табличной форме, перечень электротехнического оборудования, подлежащего монтажу при строительстве объекта, его проектные характеристики, даются рекомендации по монтажу, потребности в специальных транспортных средствах (при необходимости) и рекомендуемый укрупнённый план (график) монтажа.

К электротехническому оборудованию относятся: электрооборудование гидроагрегатов и собственных нужд станции; общестанционное оборудование; трансформаторное оборудование; оборудование ОРУ, ЗРУ, КРУЭ; оборудование системы кабельных выводов.

В состав электрооборудования гидроагрегатов и собственных нужд ГЭС входят: система возбуждения агрегатов; выключатели; разъединители; трансформаторы тока и напряжения; шинопроводы генераторного напряжения; реакторы; панели защиты и управления гидроагрегатами; распределительное устройство собственных нужд с трансформаторами 10/0,4 кВ. Это электрооборудование размещают в здании ГЭС на генераторной и подгенераторной отметках.

К общестанционному электрооборудованию относятся: шкафы и аппаратура управления вспомогательным оборудованием и механизмами всего гидроузла; кабельные прокладки и коммуникации; общестанционный пульт управления; электроосвещение основных, вспомогательных помещений и территории станции. Это электрооборудование размещают в здании ГЭС на различных отметках, в помещениях, на ОРУ (КРУЭ) и на территории гидроузла.

К трансформаторному оборудованию относятся: трансформаторы, автотрансформаторы и реакторы. Трансформаторное оборудование располагается на специальных площадках, примыкающих к зданию ГЭС и/или на ОРУ.

Трансформаторы крупных ГЭС имеют большой единичный вес и большие габариты, поэтому их доставка к месту строительства является проблемой, требующей специального

проектирования и больших затрат. Их доставка разрабатывается в параграфе «Перевозка тяжеловесных и негабаритных грузов» (см. [параграф 3.1.5.4.](#)).

В состав оборудования ОРУ входят: выключатели; разъединители; трансформаторы тока и напряжения; разрядники различных напряжений; компрессорные установки для управления воздушными выключателями.

Маслонаполненные или сухие кабели применяются для передачи мощности от главных трансформаторов до ОРУ или выходов отдельных высоковольтных линий за пределы гидроузла и прокладываются в специальном тоннеле или канале.

Электромонтажные работы начинают, как правило, за год до пуска первого агрегата и увязывают с готовностью строительной части объекта и помещений [\[28\]](#).

Монтаж электротехнического оборудования имеет свою специфику, поэтому его выполнение целесообразно поручать специализированной субподрядной организации, осуществляющей монтаж электрооборудования. Работники этой организации должны иметь профессиональное образование, высокую квалификацию и большой практический опыт монтажа электрооборудования. В советский период такой организацией был Всесоюзный трест Гидроэлектромонтаж (ГЭМ).

3.4.3.11. Специальные работы

В данном параграфе приводятся: объёмы специальных работ с разбивкой по видам работ и гидротехническим сооружениям (как правило в табличной форме); перечень строительных машин и механизмов, необходимых для выполнения этих работ с разбивкой по годам строительства; планы (графики) выполнения этих работ в увязке со сроками и темпами возведения ГТС и рекомендации по выполнению этих работ.

Специальными работами принято называть: цементационные работы (устройство цементационной завесы, площадная, струйная цементация, заполнительная цементация постоянной обделки туннелей и других подземных выработок, цементация строительных швов бетонных гидротехнических сооружений); искусственное упрочнение и укрепление грунтов силикатизацией, смолизацией, замораживанием, обжигом, битумизацией, глинизацией; устройство «стены в грунте»; свайные и шпунтовые работы; гидроизоляционные работы.

Выполнение этих работ, равно как и разработка параграфа ПОС «Специальные работы», имеет специфику и требует практических навыков и умений. По этой причине их выполнение рекомендуется поручать специализирующимся на этих работах организациям. В советское время специальные работы выполнял Всесоюзный трест Гидроспецстрой, а проектирование специальных работ его институт – Гидроспецпроект.

Более подробно с технологией производства специальных работ можно ознакомиться в [\[15, 28, 42, 43\]](#) и другой специальной литературе.

3.4.3.12. Потребность в основном строительном оборудовании для производства бетонных, монтажных и специальных работ

В данном параграфе в табличной форме приводятся данные о том, какие краны, строительные машины, механизмы и автотранспорт требуются для возведения гидротехнического объекта в разные периоды времени и в каком количестве.

Это не трудно сделать, так как при разработке технологических схем возведения бетонных сооружений гидроузла, монтажных и специальных работ ранее были определены краны, строительные машины, механизмы, автотранспорт и их потребное количество. На основании общего календарного плана (графика) производства бетонных работ, укрупнённых календарных планов (графиков) монтажных и специальных работ определяется в какой период времени, на каком сооружении, какое количество кранов, строительных машин, механизмов, автотранспорта требуется и их суммарная величина в каждый период времени.

3.4.3.13. Контроль качества бетонных, монтажных и специальных работ

В данном параграфе указывается по каким нормативным документам (СП, СНиП, ГОСТ), ТУ, разработанным в составе ПД для конкретных сооружений и их конструктивов, и как должен осуществляться контроль качества бетонных, монтажных и специальных работ на сооружениях спроектированного объекта.

Более подробно об организации контроля качества СМР при возведении гидротехнических объектов сказано в [главе 3.5.](#) данного пособия.

Контроль качества бетонных работ осуществляется на всех этапах производства работ в точках возможной потери качества и включает в себя:

- контроль качества материалов для приготовления бетонной смеси – соблюдение условий их хранения, транспортирования и переработки;
- контроль за процессом дозирования материалов – своевременная проверка исправности дозаторов, процесса перемешивания и выдачи бетонной смеси, отбраковка замесов, не соответствующих требуемым условиям. (При приготовлении бетонной смеси в условиях высоких температур наружного воздуха для снижения температуры бетонной смеси практикуется добавление льда);
- контроль за транспортированием бетонной смеси – выявление случаев потери раствора, проверка выполнения требований по предохранению смеси от вредного воздействия атмосферных осадков, солнечной радиации, отрицательных температур, выявление случаев расслоения смеси;

- контроль за подготовкой блоков (карт) к бетонированию – проверка исправности средств механизации и строительного оборудования для укладки бетона;
- контроль за подачей, разравниванием, уплотнением бетонной смеси, своевременностью перекрытия слоёв бетонирования, защите бетона в процессе укладки от вредного воздействия окружающей среды;
- контроль за: выполнением мероприятий по уходу за уложенным бетоном; соблюдением сроков распалубки блоков; снятием утепления в зимний период; температурным режимом твердения бетона, в том числе за работой трубного охлаждения уложенного бетона. (В условиях жаркого климата – контроль за постоянным увлажнением водой поверхности уложенного бетона);
- выявление дефектов в уложенном бетоне и их устранение;
- отбор по ходу работ проб бетонной смеси, регулярное проведение испытаний проб и образцов;
- чёткое и своевременное ведение документации, подтверждающей качество выполненных работ [14, 15].

Контроль качества монтажа металлоконструкций и механического оборудования также осуществляется на всех этапах от поставки до сдачи-приёмки в эксплуатацию. При входном контроле проверяется соответствие изделий рабочим чертежам, наличие сертификатов на металл и паспортов на оборудование. При монтаже омоноличиваемых (штрабным или бесштрабным способом) закладных частей механического оборудования проверяется надёжность раскрепления, а на основании исполнительной документации – точность монтажа. После монтажа пролётных строений мостов, эстакад проводятся испытания на расчётную нагрузку движущимся транспортом. Механическое оборудование принимается в эксплуатацию после соответствующего его назначению испытания и проверки работоспособности. Крановое оборудование испытывается по правилам Ростехнадзора. Затворы и сороудерживающие решётки должны опускаться без зависания в пазах, без труда подниматься штатным подъёмным оборудованием, уплотнения затворов не должны иметь протечек и тому подобное.

Контроль качества монтажа гидросилового, вспомогательного и электротехнического оборудования кроме входного контроля включает в себя контроль за соблюдением технологии монтажа, требований завода-изготовителя и шефмонтажа. Качество монтажа проверяется в результате многоступенчатых испытаний: индивидуальных испытаний оборудования, функциональных испытаний технологических систем, которые завершаются пробным пуском, а в итоге – комплексными испытаниями гидроагрегата.

Перед приёмкой в эксплуатацию в соответствии с разделом 1.2 ПТЭ [44] должны быть проведены:

- индивидуальные испытания оборудования и функциональные испытания отдельных систем;
- пробные пуски основного и вспомогательного оборудования;
- комплексное опробование оборудования.

Индивидуальные испытания входят в состав ПНР и включают в себя комплекс проверок результатов монтажных и пусконаладочных работ отдельных машин, механизмов

и агрегатов на предмет соответствия требованиям, предусмотренным РД, стандартами и техническими условиями. Они необходимы для опробования отдельных машин, механизмов и агрегатов в целях подготовки оборудования к пробным пускам и комплексному опробованию.

Функциональные испытания включают в себя проверку функционирования технологических систем.

При индивидуальных испытаниях оборудования и функциональных испытаниях систем проверяется:

- наличие документации завода-изготовителя (протоколы заводских испытаний, руководство по эксплуатации, паспорта и другое);
- соответствие выполненных СМР проектной документации и рабочим чертежам;
- качество выполненных работ;
- выполняется инструментальная проверка технических характеристик оборудования и систем на соответствие действующим нормативным документам и паспортным данным;
- готовность оборудования к пробному пуску;
- готовность оборудования к комплексному опробованию.

Основной задачей пробных пусков является проверка работоспособности оборудования и технологических систем, настройка всех систем контроля и управления, в том числе: автоматических регуляторов, устройств защиты и блокировок, устройств сигнализации и контрольно-измерительных приборов. Пробные пуски основного и вспомогательного оборудования начинаются с включения оборудования в сеть.

Основными задачами комплексного опробования являются:

- проверка совместной работы основного и вспомогательного оборудования;
- проверка бесперебойной работы вводимого объекта под номинальным напряжением и под нагрузкой в течение установленного времени.

Комплексное опробование оборудования ГЭС считается проведённым при условии нормальной и непрерывной работы основного оборудования в течение 72 часов с нагрузкой, напором и расходом воды, определёнными ПД для каждого отдельного этапа строительства, при постоянной или поочерёдной работе всего вспомогательного оборудования, входящего в этап строительства. Обязательным условием успешного комплексного опробования является проведение трёх автоматических пусков гидроагрегатов ГЭС.

Комплексное опробование оборудования ГАЭС считается проведённым при условии нормальной работы основного оборудования в течение 72 часов (с учётом объёма воды в верхнем бассейне ГАЭС) с нагрузкой, напором и расходом воды, определёнными ПД, при постоянной или поочерёдной работе всего вспомогательного оборудования, входящего в этап строительства. Обязательным условием успешного комплексного опробования является проведение трёх автоматических пусков гидроагрегатов ГАЭС в генераторном и насосном режиме.

Примерный перечень исполнительной документации на монтаж и испытания гидротурбины приведён в [приложении Б](#).

Примерный перечень исполнительной документации на монтаж и испытания гидрогенератора приведён в [приложении В](#).

Примерный перечень исполнительной документации на монтаж и испытания силового трансформатора приведён в [приложении Г](#).

Перечень типовых испытаний и проверок КРУЭ и результатов типовых испытаний приведён в [приложении Д](#).

Контроль качества специальных работ осуществляется на основании соответствующих нормативных документов и ТУ на выполнение этих работ.

Наиболее распространёнными из специальных работ являются **цементационные работы** в основании ГТС и цементация строительных швов бетонных ГТС. Цементационные работы являются скрытыми, поэтому контроль качества ведётся непрерывно на всех этапах выполнения цементации. Большая роль и ответственность при этом возлагается на мастеров, прорабов, других ИТР, непосредственно осуществляющих операционный контроль. Они непрерывно наблюдают за: качеством исходных материалов, составом раствора, консистенцией и поглощением его породой, бурением скважин, изменением давления при инъекции раствора. Каждые 15–20 мин проверяют плотность и вязкость раствора, содержание песка и примесей, каждые 30 мин контролируют параметры возвращающегося на узел раствора.

В теле цемзавесы или массиве при площадной цементации проходят контрольные скважины, суммарная длина которых составляет около 10 % суммарной длины рабочих скважин. Гидравлическое опробование контрольных скважин производят по участкам с продолжительностью нагнетания при установившемся давлении не менее 10–15 мин с двух–трёхкратным изменением расхода. Давление принимают на 20–25 % меньше конечного давления. Цементация считается законченной, если удельное водопоглощение для 80% длины контрольных скважин равно или близко к проектному, а для остальных 20 % превышает его не более чем в 2 раза. Сплошность и плотность противифильтрационных завес или зацементированного массива проверяют: измерением удельного водопоглощения; выбуриванием и испытанием кернов; методами геофизики (электрическим, сейсмоакустическим, радиоактивным).

Для возможности цементации строительных швов бетонных плотин и других ГТС напорного фронта в них закладывается так называемая цементационная арматура. При приёмке блока к укладке бетона комиссия проверяет правильность установки: труб; шпонок, ограничивающих карту цементации; воздухоотводящих штраб; цементационных выпусков однократной и многократной цементации. При приёмке к бетонированию блока, примыкающего к уже забетонированному, помимо вышесказанного проверяют качество бетонной поверхности, которая должна быть ровной и не содержать выступов, раковин и других дефектов.

Однократная цементация производится после достижения бетонным массивом среднегодовой температуры. Если омоноличивание производится при неполностью завершившимся температурном процессе, предусматривают повторную цементацию в связи с дополнительным раскрытием шва. Цементацию начинают обычно с раствора, водоцементное соотношение которого (В/Ц) равно 5, постепенно сокращая его до 0,6. При достижении отказа производится опрессовка карты под предельным давлением в течение 10–20 мин. Цементация карты считается законченной, если при установленном давлении нагнетания не наблюдается утечка раствора в течение 20 мин, а также снижение давления более чем на 10%.

Контроль качества цементации швов включает постоянное наблюдение за качеством выполнения комплекса цементационных работ. После завершения работ качество

цементации оценивается: отбором и освидетельствованием кернов с зацементированных участков; визуальным осмотром; ультразвуковой дефектоскопией.

Контроль качества свайных и шпунтовых работ. Эти работы являются характерным видом скрытых работ. Для оценки качества работ по устройству свайных фундаментов используют: рабочие чертежи; паспорта готовых свай; журналы забивки свай; акты геодезической разбивки свайных фундаментов и опор; исполнительные схемы расположения свай; документацию по контрольным испытаниям свай динамической и статической нагрузкой. Допускаемые отклонения от проектных размеров сваи и их расположения в плане приводятся в рабочих чертежах, ТУ и нормативной литературе.

При сдаче готовых шпунтовых ограждений представляют: геологические разрезы в месте забивки (установки); схемы и акты разбивки осей шпунтового ограждения; рабочую документацию на шпунтовое сооружение с изменениями, согласованными с проектной организацией; журнал и сводную ведомость погружения шпунта; промежуточные акты сдачи-приёмки работ; исполнительную схему шпунтового ограждения. Допускаемые отклонения от проектных размеров шпунтового ряда в плане приводятся в рабочих чертежах, ТУ и нормативной литературе.

При устройстве буронабивных свай контролируют: бурение скважины, состав бетонной (или глиноцементобетонной) смеси, её укладку, бетон (глиноцементобетон) ствола сваи после его твердения. Более подробно о контроле на каждом этапе устройства буронабивных свай можно прочитать в [28] и другой специальной литературе. Допускаемые отклонения от проектных размеров сваи и их расположения в плане приводятся в рабочих чертежах и ТУ.

Контроль качества гидроизоляционных работ. Контролируемые операции или этапы гидроизоляционных работ зависят от типа гидроизоляции. Как правило контролируют: качество материалов для гидроизоляции и наличие паспортов или сертификатов; подготовку изолируемой поверхности; собственно устройство гидроизоляции; устройство защитного слоя (при наличии). Подготовленная для гидроизоляции поверхность принимается комиссией с составлением акта скрытых работ, а на выполненную гидроизоляцию оформляется акт сдачи-приёмки.

3.4.4. Подземные работы

3.4.4.1. Характеристика и объёмы работ

В данном параграфе, обычно в табличной форме, приводятся сведения по проектным объёмам подземных работ с указанием каждого сооружения гидроузла (строительный туннель, деривационный туннель, подводящий и отводящий туннель энергетического тракта, водосбросной эксплуатационный туннель, эксплуатационный или временный транспортный тоннель, подходные выработки, машинный зал ГЭС, трансформаторный зал, камеры затворов, уравнильный резервуар и другое) с разделением на: выемку горной породы с указанием способа проходки (горный или механизированный) и характеристики породы; объёма и конструкции

временной крепи; объёма и конструкции постоянных обделок, объёма и класса опасности образующихся отходов в процессе выполнения подземных работ.

3.4.4.2. Производство работ по проходке и бетонированию отдельных сооружений

В этом параграфе описывается как планируется выполнять подземные работы отдельно по каждому сооружению, приводятся: локальные (пообъектные) планы (графики) производства подземных работ, технологические схемы по каждому подземному сооружению, распределение объёмов работ по сооружениям и годам строительства и потребность в строительных машинах.

Необходимость строительства подземных сооружений возникает практически всегда при возведении гидроузлов в горной местности и в узких створах.

Технология строительства подземных сооружений очень сильно зависит от инженерно-геологических условий трассы туннеля и расположения камерной выработки. Инженерно-геологическая характеристика породного массива определяется в процессе изысканий, которые проводятся по трассам сооружений до начала проектирования по специальным программам. Горные породы делятся на скальные, полускальные и нескальные. Одной из важнейших характеристик горных пород является прочность, величина которой оценивается коэффициентом крепости f по шкале М. М. Протодяконова. Коэффициент крепости пород по М. М. Протодяконову рассчитывается по формуле:

$$f = 0,1\sigma_{сж},$$

где $\sigma_{сж}$ - предел прочности на одноосное сжатие (МПа).

Породный массив обычно ослаблен заполненными слабосвязанным материалом трещинами и плоскостями напластований, вследствие чего имеет значение f меньше, чем в образце. По этой причине при оценке прочности породного массива по коэффициенту крепости вводится поправка в виде коэффициента структурного ослабления породы k_c , зависящего от расстояния между поверхностями ослабления пород m . Таким образом коэффициент крепости для массива будет равен:

$$f_m = f k_c.$$

При m более 1,5 м $k_c=0,9$; при $m=1-1,5$ м $k_c=0,8$; при $m=0,5-1$ м $k_c=0,6$; при $m=0,1-0,5$ м $k_c=0,4$; при m менее 0,1 м $k_c=0,2$ [15].

Кроме того, определяются прочность пород на сжатие и растяжение, параметры сопротивления сдвигу φ и c , модуль деформации E , коэффициент удельного отпора k_o и коэффициент фильтрации k_f . Значение коэффициента крепости f определяет сопротивление пород бурению (то есть скорость бурения шпуров и скважин). Ориентация основных систем трещин, значения φ , c и модуля трещиноватости влияют на величину горного давления, а следовательно, на выбор временной крепи и постоянной обделки. Гидрогеологические

условия во многом определяют конструкцию постоянной обделки и дренажей. В процессе строительства, при необходимости, производится доразведка отдельных участков массива.

Сооружение туннелей

Строительство туннелей осуществляется *горным* или *механизированным* способом.

Горный способ наиболее распространён. Он включает рыхление скального массива взрывом (редко – отбойным молотком), уборку породы, устройство временной крепи и постоянной обделки.

В зависимости от площади поперечного сечения в проходке туннели классифицируют на: малого (до 12 м²), среднего (13–59 м²) и большого сечения (60 и более м²). Строительство подземных сооружений, как правило, состоит из двух основных этапов: проходка выработки с временной крепью и возведение в ней постоянной конструкции.

Проходкой выработки называется технологический процесс разрушения горной породы будущего подземного сооружения. *Заходкой* называется величина продвижения забоя за один взрыв.

Физико-механические характеристики породного массива определяют способ его разрушения, очерёдность раскрытия сечения, устойчивость контура и тип временного крепления. При разрушении породы буровзрывным способом применяют пять основных методов раскрытия сечения: **метод сплошного забоя, уступный, опёртого свода, опорного ядра и раскрытия по частям.**

Метод сплошного забоя предусматривает разработку всего сечения туннеля за один приём с последующим устройством временного крепления и постоянной обделки. Он используется в устойчивых породах с $f \geq 4$ при проходке туннелей сечением до 120 м². В крепких слаботрещиноватых породах туннели выполняют без крепи или с облегченной крепью. В зависимости от устойчивости кровли и стен выработки, а также от величины нагрузки на крепь, применяют *анкерную, набрызг-бетонную, комбинированную (анкеры и набрызг-бетон)* крепь, относящиеся к облегченным. В трещиноватых породах может применяться облегченная анкерная крепь с сеткой, набрызг-бетон или их сочетание. В других случаях используют *металлическую арочную крепь или крепь из чернового низкомарочного бетона* [15]. Крепь и её тип определяют по расчёту [28, 45].

Уступный метод применяется при сооружении крупных подземных выработок в достаточно благоприятных инженерно-геологических условиях при $f \geq 3-4$, сечении туннелей более 100 м² и высоте более 10 м. В отличие от метода сплошного забоя поперечное сечение выработки делят на части с последующей проходкой и бетонированием. Уступный метод предусматривает три схемы раскрытия сечения: *верхним, нижним и боковым уступами*. При *верхнем уступе* сначала на всю длину туннеля по его подошве проходится передовая штольня малого или среднего сечения, а далее с использованием этой штольни в качестве второй обнажённой поверхности разрабатывается основное сечение. Способ *бокового уступа* используется в большепролётных выработках (камерах) шириной более 20 м в устойчивых породах, а при меньшей ширине – в трещиноватых. Сначала разрабатывается центральная часть выработки, а затем

дорабатываются боковые части. Наибольшее распространение получил способ *нижнего уступа*. В этом случае сначала на всю длину туннеля проходится верхняя часть сечения, которая бетонируется с отставанием на 250–300 м. Далее разрабатывается нижний уступ или уступы, высота которых составляет 6–10 м. После этого бетонируются стены и, в последнюю очередь лоток туннеля [15].

Метод опёртого свода используется в туннелях сечением более 50 м² и длиной до 300 м, разрабатываемых в сильно нарушенных трещиноватых породах с $f \leq 3$, способных воспринять нагрузку от пят свода с учётом горного давления на свод. Он предусматривает проходку вначале сводовой и пятовых штолен на всю длину туннеля с устройством в них временной крепи. В пятовых штольнях участками по 8–10 м бетонируются пяты сводов. Далее последовательно производится разработка участков массива между сводовой и пятовыми штольнями заходками по 4–6 м с устройством железобетонного свода по всей длине туннеля. При достаточной устойчивости породного массива раскрытие свода может производиться с его креплением предварительно напряжёнными анкерами и армированным набрызг-бетоном вместо железобетона. После этого под защитой железобетонного свода послойно разрабатывается верхняя часть ядра, а далее уступным методом разрабатывается нижняя часть с оставлением защитных штросс с обеих сторон туннеля. Следующим этапом является поочерёдная разработка каждой штроссы на 4–6 м с последующим бетонированием стены. Лоток туннеля бетонируется заходками или сразу на всю длину туннеля в зависимости от устойчивости скального массива. В обводнённых породах по центру лотка предварительно проходится дополнительная дренажная штольня, которая соединяется со сводовой штольней восстающими через 15–20 м [15].

Метод опорного ядра применяется при проходке туннелей большого сечения и малой (250–300 м) протяжённости в весьма неблагоприятных инженерно-геологических условиях, представленных сильно нарушенными породами с $f = 1 \dots 2$, оказывающими значительное горное давление и неспособными воспринять нагрузку от свода выработки. Очередность раскрытия сечения при этом методе направлена на создание по контуру туннеля снизу вверх постоянной конструкции путём последовательной проходки выработок малого сечения с возведением в каждой из них участка постоянной обделки туннеля. После этого под защитой постоянной обделки производится послойная выемка ядра туннеля [15].

Метод раскрытия на полный профиль по частям применяется при пересечении трассой туннеля коротких (до 30 м) зон нарушенных пород, в которых породы оказывают большое горное давление на свод и стены выработки. В этом случае забой разрабатывается выработками малого сечения с установкой мощной деревянной крепи, которая постепенно развивается на всё сечение выработки и удерживает массив от обрушения. Бетонирование обделки выполняют по контуру выработки непосредственно вслед за проходкой [15].

Производство работ. Проходческий цикл при буровзрывном методе проходки скальной выработки состоит из последовательно выполняемых технологических операций: бурение шпуров, их зарядание и взрывание, вентиляция (проветривание), оборка контура выработки, уборка взорванной породы и крепление. Продолжительность проходческого цикла можно определить по формулам, приведённым в [28] или другой специальной литературе.

В практике проходки подземных выработок *бурение шпуров* осуществляется буровыми гидравлическими установками на пневмоходу. Чистая скорость бурения бурильными машинами зависит от прочностных свойств скального массива и колеблется от 0,75–1,5 м/мин при $f > 15$ до 3–4 м/мин при $f = 4 \dots 6$. В число мировых лидеров по производству буровой техники входят Atlas Copco (Швеция), Montabert (Франция), Tamrok (Финляндия), Furukawa (Япония) [28]. Количество шпуров и их длину определяют по паспорту БВР. Шпуры, располагаемые по плоскости забоя, делятся на: контурные, врубовые, вспомогательные и отбойные. Контурные шпуры на подошве выработки называются подошвенными. Расстояние между контурными шпурами зависит от коэффициента крепости породы f и ориентировочно может быть от 35 до 50 см. Врубные шпуры бывают отрывного и дробящего типа. Центр вруба располагается на вертикальной центральной оси туннеля (выработки) и расположен на $1/3$ высоты выработки от подошвы. Количество вспомогательных и отбойных шпуров можно определить по формуле, приведённой в [28] или другой специальной литературе.

Заряжание шпуров осуществляется взрывником в присутствии сменного мастера, имеющего право на ведение взрывных работ. Процесс заряжания начинается лишь после окончания бурения, вывода техники и людей на безопасное расстояние. В выработке при высоте более 3 м для заряжания шпуров используются: переносные подмости, люльки бурильных машин, специальные подъёмники на пневмоходу. Заряжание выполняется патронированными ВВ. Во врубовые шпуры закладывают более мощный заряд. Процесс заряжания одного шпура с устройством забойки и выводом взрывной сети при длине шпура 3–3,5 м в среднем занимает 3–4 мин. Общая продолжительность заряжания зависит от количества шпуров в забое и количества заряжающих. Вначале взрываются врубовые заряды, затем с замедлением – вспомогательные и отбойные заряды и, наконец, оконтуривающие заряды.

Непосредственно после взрыва выполняется проветривание (вентиляция) забоя выработки. Существует несколько схем проветривания. Наиболее распространённые из них: *нагнетательная, комбинированная, нагнетательная с распределением воздуха по длине выработки*. Подача свежего воздуха в забой от расположенного у портала вентилятора производится по металлическому трубопроводу, диаметр которого зависит от потребности в свежем воздухе после взрывания зарядов и выделения большого количества газов и пыли. Продолжительность вентиляции зависит от поперечного сечения выработки, количества взорванных зарядов, численности работающей техники и проходчиков, объёма сварочных работ и скорости движения воздушной струи. Для проветривания выработок до 40 м^2 при диаметре трубопровода 50–60 см потребуется примерно 15–20 мин. Для сечения выработки более 60 м^2 при диаметре трубопровода 80–100 см необходимо 30–45 мин. Количество подаваемого воздуха, скорость его подачи и время проветривания определяются по расчёту.

Оборку профиля малых выработок после взрыва и проветривания выполняют вручную с подошвы выработки, либо с отвала взорванного грунта. Проходчик, находясь в пределах закреплённого участка выработки, простукивает кровлю и стены с помощью полого лома длиной 2,5–3,0 м. Бухтящие места в кровле и стенах обрушают. В средних и крупных выработках оборку профиля выполняют со специальных подъёмных машин или с помощью гидрооборщика, на конце стрелы которого находится облегченный гидромолот.

Продолжительность оборки выработки зависит от степени трещиноватости скального грунта, качества БВР, сечения выработки и составляет 15–60 мин.

Продолжительность уборки взорванного объёма грунта существенно влияет на скорость проходки подземной выработки. В практике подземного строительства используют машины циклического действия (экскаваторы, фронтальные погрузчики) и машины непрерывного действия. В туннелях сечением до 20 м² используется рельсовый транспорт с откаткой породы в вагонетках вместимостью 0,9–2,5 м³. Погрузочные машины для погрузки в вагонетки выпускают с колёсно-рельсовой частью под колею 750 и 900 мм. В качестве локомотива используют электровозы массой до 8–10 т, развивающие скорость до 10–15 км/ч при тяговом усилии до 18 т. Разъезд порожнего и гружёного составов осуществляется в уширенных нишах, устраиваемых через 100–200 м. При безрельсовой схеме до недавнего времени в отечественной практике погрузка взорванного грунта в автосамосвалы осуществлялась погрузчиками непрерывного действия на гусеничном ходу с нагребными лапами типа ПНБ-3К, ПНБ-4. В настоящее время они вытесняются одноковшовыми погрузчиками. Широкое применение получили фронтальные погрузчики на пневмоходу. Погрузка взорванного грунта осуществляется в автосамосвалы. Более подробно с производством работ по уборке взорванного грунта можно ознакомиться в [\[15, 28\]](#) или другой специальной литературе.

В относительно трещиноватых и слоистых скальных грунтах после проходки и оборки могут возникнуть вывалы, в связи с чем выполняется крепление. Крепёж, предназначенная для поддержания кровли и стен подземной выработки от обрушения до момента возведения постоянной обделки, называется временной. Материалом для временной крепи служат: сталь прокатная, арматура гладкая и/или периодического профиля, стальная сетка, набрызг-бетон, иногда – пиломатериалы (дерево). В скальных грунтах при $f \geq 4$ наибольшее применение для крепления нашли: анкерная крепь, набрызг-бетон или их сочетание. По конструкции и принципу закрепления в скальном грунте анкеры делятся на: металлические, железобетонные и анкеры на эпоксидной смоле. Более подробно с устройством анкерной крепи можно ознакомиться в [\[15, 28\]](#) или другой специальной литературе. Набрызг-бетонная крепь применяется как вид крепления, а также при защите поверхности скальных грунтов от выветривания и потери устойчивости. Набрызг-бетон наносится набрызгиванием на скальную поверхность сухим или мокрым способом. Сухой набрызг осуществляется с помощью установки, которую заранее заполняют смесью из цемента, песка и заполнителя, а затем под давлением сжатого воздуха она перемещается по гибкому шлангу к соплу, где смешивается с водой и набрызгивается на скальную поверхность. Основными производителями установок для набрызга являются «Алива» (Италия), «Торкрет» (Германия) и другие. Их производительность по сухой смеси без учёта отскока равна 6 м³/ч. Сухой отскок составляет примерно 5–25 %. Мокрый набрызг заключается в применении бетононасоса для подачи готовой смеси по шлангу к соплу, куда для усиления набрызга подаётся сжатый воздух. Дальность подачи смеси 300–400 м, расход сжатого воздуха – 8...10 м³/мин. На стройках применяются отечественные установки для набрызга БМ-68у, БМ-86 и другие [\[28\]](#). Набрызг-бетон наносится толщиной 6–8 см, а при необходимости толщина может быть увеличена. Он выполняется как самостоятельное крепление, либо в сочетании с анкерной крепью или с металлической сеткой. Введение в состав ускорителей схватывания сокращает срок начала схватывания до 2–3 мин. В

последнее время для упрочнения набрызг-бетона практикуется применение фибры⁹. Более подробно с устройством набрызг-бетона можно ознакомиться в [15, 28] или другой специальной литературе.

Механизированная проходка осуществляется с помощью проходческих комплексов: туннелепроходческих машин, проходческих комбайнов или механизированных щитов.

Туннелепроходческой машиной называется сложный проходческий комплекс, предназначенный для механизированной разработки подземной выработки кругового очертания. Туннелепроходческие машины предназначены для разработки скальных пород, в том числе очень прочных. Основными конструктивными узлами такой машины являются: исполнительный орган с породоразрушающим инструментом, ковшами и транспортёром; система напорных домкратов; распорная система и блок питания. В качестве режущего инструмента для внедрения в скальный грунт используются диски с твёрдым сплавом, а в очень прочных скальных грунтах – штыревые шарошки. Управление машиной осуществляется одним машинистом с пульта. В состав туннелепроходческих машин любых конструкций входят уборочные ковши, транспортёр и система питания (компрессорная, понижающий трансформатор, электрощит). Наибольшее распространение получили зарубежные машины фирм «Роббинс» (США), «Вирт» и «Демаг» (Германия) [28].

Проходческим комбайном называется самоходный механизм на гусеничном ходу с исполнительным органом стрелового типа, режущая головка (фреза) которого разрабатывает грунт последовательным вождением по забою. Головка (фреза) комбайнов оснащена стержневыми резцами различной геометрии. Они подразделяются на: пружинного типа, долотчатые и конические. Отечественной промышленностью выпускаются и успешно эксплуатируются проходческие комбайны ПК-9, КП-25 и другие. Широкое распространение нашли зарубежные проходческие комбайны фирм «Паурат» (Германия), «Альпине» (Австрия), «Атлас Копко» (Швеция) [28].

Механизированные щиты используются при проходке туннелей в слабых грунтах, требующих быстрого закрепления пройденной выработки. Характерной особенностью конструкции щитов является их перемещение к забою щитовыми домкратами на длину разработки грунта. Домкраты упираются в торец сборной обделки, собранной специальными блокоукладчиками в хвостовой части щита. По трассе будущего туннеля могут встречаться не только слабые грунты, но и скальный массив, поэтому механизированные щиты стали оснащать резцами аналогично тем, которые используют туннелепроходческие машины. К российским щитам относятся щиты ЩМР-1, КТ-56, ШМ-8. К зарубежным – «Ловат» (Канада), «Вирт», «Херренкнехт» (Германия) [28].

Более подробно о проектировании и производстве подземных работ при строительстве туннелей можно ознакомиться в [15, 28, 45–48] и другой специальной литературе.

⁹ Фибра (волокно) – компонент в виде нитей различной длины, используемый для армирования бетона. Фибра может быть стальной, базальтовой, стеклянной, полимерной.

Сооружение камерных выработок

Подземные сооружения камерного типа с площадью поперечного сечения более 100 м² и длиной до 400–450 м предназначены для подземных машинных залов ГЭС и ГАЭС, трансформаторных залов, помещений затворов. Формы поперечного сечения камерных выработок различны. Наиболее распространённой является прямоугольная со сводчатой кровлей и вертикальными стенами. В ослабленных породах применяются выработки с криволинейными стенами: коробовая, эллиптическая. Существенное различие в размерах крупных камерных выработок по сравнению с туннелями обуславливает применение специальных методов и технологии их строительства.

Применяются два основных решения по разработке крупных камерных выработок:

- разработка подсводовой части камеры, устройство свода, разработка ядра и закрепление стен и лотка;
- создание прорези по периметру камеры с закреплением стен и свода из этой прорези с последующей разработкой ядра под защитой ранее установленной крепи.

Первое решение применяют при строительстве камер в относительно крепких и устойчивых породах, второе – в породах средней крепости и мягких. В первом случае сечение разрабатывается способом нижнего уступа или опёртого свода, а во втором – способом опорного ядра. Оба решения позволяют надёжно укрепить вышележащий участок перед переходом на нижележащий горизонт выработки.

Вскрытие подземного сооружения производится *подходными выработками*, которые делятся на постоянные (эксплуатационные) и временные (строительные). Временные подходные выработки создают в том случае, если число эксплуатационных подходов или продолжительность их строительства не обеспечивают вскрытия рабочих горизонтов или срока строительства камеры в целом. Кроме того, по условиям безопасного ведения работ необходимо иметь не менее двух независимых выходов на дневную поверхность, причём один из них должен примыкать к нижней части камеры, а второй – к верхней или средней. Подходные выработки выполняют в виде горизонтальных или слабонаклонных туннелей или шахтных стволов (возможны их сочетания). Подходы в виде вертикальных или наклонных стволов устраиваются редко, когда применение горизонтальных подходов технически невозможно или экономически нецелесообразно. Учитывая высокую интенсивность движения транспорта (одноковшовые погрузчики, автобетоносмесители, подвоз материалов и оборудования), ширину подходных выработок назначают, как правило, для двухпутного движения. К эксплуатационным подходам относятся: отводящие туннели с короткими отсасывающими трубами, грузовые туннели на монтажную площадку, монтажные и лифтовые шахты. В камерных выработках маззала стараются в качестве подходов использовать грузовые туннели на уровне монтажной площадки и отводящие туннели ГЭС.

При пролёте подсводовой части более 20 м возможность её проходки на полное сечение требует специального проектного обоснования. В породах *средней крепости* в процессе разработки подсводовой части осуществляется последовательная установка крепи (как правило, анкеры и набрызг-бетон) – сначала в центральной части, затем в боковых по

мере их проходки. Постоянная обделка возводится с отставанием на 50 м. Разработка ядра камер, в которых предусмотрено устройство постоянной крепи осуществляется сверху вниз в устойчивых породах уступами по 10 м, в породах средней устойчивости – по 5 м. При шахтных подходах к выработке высота уступа принимается равной 5 м.

Проходка подсводовой части камерных выработок в *слабоустойчивых скальных породах* с $f = 3 \dots 6$ осуществляется методом опёртого свода. Вначале проходят две пятовые штольни, затем верхнюю штольню. После этого разрабатывают породу между этими штольнями заходами по 3–6 м и бетонируют свод. После набора бетоном необходимой прочности приступают к разработке следующей заходки. Разработка ядра камерных выработок осуществляется сверху вниз уступами высотой до 3-х м с оставлением берм (целиков породы) вдоль стен для опирания на них участков свода и стен. Выработки, расположенные в слабоустойчивых *водоносных* грунтах, выполняют методом опёртого свода по двухштольневой схеме аналогично туннелям большого сечения. Наличие двух штолен на верхнем и нижнем горизонте позволяет сбросить воду с верхних ярусов через восстающие и облегчает производство работ.

При устройстве камерных выработок в *слабых грунтах* (глинах, суглинках, супесях), не способных воспринять давление от свода обделки, их строительство ведётся методом опорного ядра. Сначала возводят стены обделки, затем на эти стены опирают свод сооружения и потом под защитой целиком возведённой обделки разрабатывают ядро камеры. Арки и кружала при раскрытии сечения и сооружении обделки раскрепляют в центральное породное ядро. Боковые штольни для возведения стен разрабатывают на всю длину камеры. Проходка очередного верхнего яруса боковых штолен допускается только после окончания бетонирования нижележащей стены и достижения бетоном 25 % проектной прочности.

Производство работ и технология сооружения отдельных частей камерных выработок мало чем отличается от строительства туннелей, что описано ранее. Размеры элементов разработки сечения камеры близки к размерам туннелей малого и среднего сечения. Комплексная механизация подземных работ при разработке камерных выработок позволяет выполнять эти работы с интенсивностью 15–20 тыс. м³/год. Более подробно о проектировании и производстве подземных работ при сооружении камерных выработок можно ознакомиться в [\[15, 28, 45–50\]](#) и другой специальной литературе.

Сооружение вертикальных и наклонных выработок

В зависимости от угла наклона такие выработки можно классифицировать на:

- шахты и крутонаклонные выработки с углом наклона 45...90 градусов;
- средненаклонные выработки с углом наклона 30...45 градусов;
- слабонаклонные выработки с углом наклона 0...16 градусов [\[28\]](#).

Наклонные выработки с углом наклона 17...29 градусов стараются не проектировать. Проходка их снизу вверх и транспортировка разработанного грунта гравитационным путём (сбросом) на нижний горизонт становится сложной, а порой и невозможной, а передвижение традиционного транспорта, вывозящего разработанную

породу, весьма проблематично из-за большого для него уклона. Исключением являются отсасывающие трубы подземных ГЭС, но они имеют небольшую длину до 50 м.

Шахтой называется вертикальная выработка, проходка которой, как правило, начинается с дневной поверхности. Бывают и так называемые слепые шахты, не имеющие выхода на дневную поверхность, служащие для эксплуатационных и строительных связей между различными горизонтами подземных сооружений гидроузла. Их подразделяют на временные и капитальные (постоянные). К временным относятся шахты, предназначенные для строительства подземных сооружений (подходные выработки). К капитальным относятся шахтные и наклонные водоводы, уравнивательные резервуары шахтного типа, вентиляционные, аэрационные и лифтовые шахты, входящие в состав эксплуатационных сооружений гидроузла.

Проходка вертикальных и крутонаклонных выработок, как правило, осуществляется на полное сечение тремя возможными способами: **снизу вверх; с помощью направляющей выработки; сверху вниз.**

При наличии подхода к нижнему горизонту проходка шахт и крутонаклонных выработок в устойчивых скальных грунтах ведётся **снизу вверх.**

В шахтах и крутонаклонных выработках диаметром более 6 м, в том числе больших уравнивательных резервуарах шахтного типа, сначала снизу вверх малым диаметром проходят **направляющую выработку**, а затем производят разработку до проектных размеров сверху вниз буровзрывным способом, сбрасывая породу вниз через направляющую выработку. Создание направляющей выработки снизу вверх осуществляется с применением самоходных проходческих полков. Сечение вертикальных и крутонаклонных выработок, проходимых самоходными полками, не превышает 10 м². Взорванный грунт после обуривания забоя беспрепятственно сбрасывается на нижний горизонт и вывозится в отвал на дневную поверхность.

В последнее время разработку шахт и крутонаклонных выработок снизу вверх выполняют с помощью механизированных агрегатов-расширителей, которые полностью исключают взрывы. Зарубежные агрегаты-расширители могут осуществлять механизированную проходку вертикальных и крутонаклонных выработок диаметром до 4,5 м и длиной до 1000 м. На стройках России использовались отечественные агрегаты-расширители диаметром до 2 м, позволяющие выполнить выработку длиной до 200 м. В состав агрегата-расширителя входят: специальный буровой станок, набор штанг диаметром до 280 мм и, собственно, разбуриватель (расширитель), который закрепляется на нижнем горизонте к концу штанги. Агрегат-расширитель оснащён зубчатыми и штыревыми дисками, способными разбуривать скальные грунты любой крепости. Со схемой проходки агрегатом-расширителем можно ознакомиться в [\[28\]](#).

При глубине шахтных стволов более 100 м их сооружение с дневной поверхности производится по классической схеме **сверху вниз**, широко применяющейся в горнорудной промышленности, с использованием стационарных подъёмных машин, копров и соответствующего наземного комплекса. Наиболее сложной и ответственной операцией является сооружение устья шахтного ствола – конструкции, на которой монтируется копёр [\[15\]](#).

Выбор способа проходки и подбор оборудования средненаклонных выработок водоводов ГЭС зависит от угла наклона к горизонту. При строительстве длинных наклонных водоводов применяют механизированные способы проходки снизу вверх с помощью туннелепроходческих машин или агрегатов-разбуривателей.

Проходка слабонаклонных выработок производится по описанной ранее технологии проходки туннелей.

Более подробно о сооружении вертикальных и наклонных выработок, монтаже металлической облицовки турбинных водоводов и бетонировании можно ознакомиться в [\[15, 28\]](#) или другой специальной литературе.

3.4.4.3. Инженерное обеспечение проходки туннелей и подземных выработок

В данном параграфе описывается как осуществляется техническое обеспечение подземных работ с учётом требований охраны труда и промышленной санитарии, а именно: вентиляция, пылеподавление, водоотлив (при необходимости), снабжение сжатым воздухом, электроснабжение и освещение подземных выработок.

По вентиляции приводятся: расчёты, обосновывающие схему проветривания (нагнетательная, комбинированная, нагнетательная с распределением воздуха по длине выработки); схема расположения, диаметр и длина вентиляционных труб; количество осевых или центробежных вентиляторов, их технические характеристики и места установки.

По пылеподавлению указывается как подавляется пыль при бурении (при положительных и отрицательных температурах наружного воздуха), при погрузочных работах и эксплуатации дорог внутри выработок. При необходимости приводятся схемы водоснабжения, длина и диаметр труб, места забора воды и установки насосов.

По водоотливу (при необходимости) приводятся схемы водоотлива при проходке туннелей, шахт, стволов камерных и наклонных выработок. Указываются: места расположения зумпфов; схемы прокладки трубопроводов для откачки воды, их длина и диаметр; места установки стационарных насосов и их характеристики.

По снабжению сжатым воздухом приводятся: потребность в сжатом воздухе; места установки компрессорных станций, тип, количество, компрессоров и их характеристики; схема прокладки трубопроводов для подачи сжатого воздуха к потребителям, их длина и диаметр.

По электроснабжению и освещению указываются: величина потребляемой мощности одновременно работающих машин и механизмов; места расположения трансформаторных подстанций, их количество и технические характеристики; схемы временного электроснабжения трансформаторных подстанций; схемы прокладки в подземных выработках кабелей различного напряжения и их длина; типы светильников и их количество.

Подземные работы выполняются в замкнутом пространстве и связаны с работой людей, механизмов и машин (в том числе с двигателями внутреннего сгорания), взрывами, сварочными работами, выбросами газов при прохождении газоносных пород. Эти обстоятельства требуют искусственной вентиляции, которая должна поддерживать оптимальный состав атмосферного воздуха в выработке при допустимых нормах температуры и влажности. Все подземные выработки должны быть оборудованы искусственной вентиляцией, обеспечивающей разбавление выделяющихся вредных веществ до уровня предельно допустимых концентраций (ПДК).

В тупиковых забоях **проветривание** производится с помощью осевых или центробежных вентиляторов, установленных у портала или в забое с использованием металлических труб диаметром 600–1200 мм. В подземном строительстве в основном используются три схемы проветривания: *нагнетательная, комбинированная и нагнетательная с распределением воздуха по длине выработки.*

Нагнетательная схема используется при длине туннеля до 500 м. При этой схеме свежий воздух поступает от вентилятора по трубам в забой, где разбавляет вредные примеси и газы до норм ПДК, а воздух забоя вытесняется по сечению туннеля наружу.

Комбинированная схема используется при длине туннеля более 500 м. При комбинированной схеме загрязнённый воздух отсасывается вентилятором главного проветривания из забоя по системе вентиляционных труб наружу, а свежий воздух поступает по сечению туннеля в призабойное пространство, где установлен вентилятор местного проветривания, нагнетающий его в забой. Свежий и загрязнённый потоки воздуха разделяются вентиляционной перемычкой или воздушно-водяной завесой.

При проходке подземных сооружений с использованием машин с двигателями внутреннего сгорания применяется либо чисто нагнетательная схема, либо *нагнетательная с распределением воздуха по длине выработки.* Эта схема позволяет не только подавать свежий воздух в забой, но и обеспечивает регулируемый выпуск свежего воздуха по всей длине туннеля и разбавляет содержание вредных веществ до ПДК.

В сквозных выработках, имеющих два выхода на дневную поверхность, где пройден верхний уступ или имеется передовая штольня, используются схемы с вентиляторами-эжекторами, которые устанавливаются непосредственно в выработке и при работе захватывают дополнительное количество воздуха по направлению основной струи. Расход свежего воздуха, подаваемого для проветривания забоя, определяется исходя из:

- максимального числа людей, работающих в забое (при норме 6 м³/мин на одного человека);
- минимальной скорости движения воздушной струи в выработке (0,15 м/с);
- объёма вредных газов, выделяющихся при взрыве;
- количества вредных веществ, выделяемых строительными машинами с двигателями внутреннего сгорания;
- количества вредных веществ от сварочных работ.

По результатам расчётов из полученных значений выбирается наибольшее, по которому подбирается вентилятор. При одновременном выделении вредных веществ несколькими источниками количество необходимого свежего воздуха суммируется. Вентилятор выбирается по суммарному значению. Формулы для расчёта потребности в свежем воздухе приведены в [\[15\]](#).

Пылеподавление производится непосредственно в местах её образования. При бурении пыль подавляется подачей воды или водовоздушной эмульсии в забой шпура или скважины. При отрицательных температурах в забое пыль отсасывается специальными циклонами через канал бура и собирается в ёмкость. При погрузке выработанного грунта пылеподавление осуществляется поливом навала породы водой. Пылящие дороги в туннелях постоянно увлажняются.

Проходка большинства подземных сооружений сопровождается притоком грунтовых вод. Кроме этого, в забое скапливается технологическая вода (при бурении, пылеподавлении, нанесении набрызг-бетона). Для её удаления устраивают **систему водоотлива**. При уклоне выработки в сторону портала устраивают водоотводные канавки по одной из сторон выработки с отводом воды наружу самотёком. При обратном уклоне туннеля удаление воды из забоя выполняется грязевыми насосами в зумпф вместимостью не менее двухчасового притока воды. Вода из зумпфа откачивается наружу стационарными насосами.

Снабжение сжатым воздухом работающих машин и механизмов осуществляется компрессорными станциями, производительность которых должна на 25 % превышать максимальную потребность одновременно работающих машин и механизмов. Подача сжатого воздуха к забою производится по трубопроводам диаметром 100 мм и более. Через 250–300 м по трассе трубопровода устанавливаются водомаслоотделители для очистки воздуха от водяных и масляных паров, поступающих от компрессоров. Питание потребителей производится по гибким шлангам различного диаметра, снабжённым присоединительными муфтами.

Электроснабжение забоев производится с дневной поверхности напряжением 380 В по кабелям, подвешенным вдоль выработок. Питание мощных стационарных потребителей: вентиляторы главного проветривания, трансформаторные подстанции, осуществляется по индивидуальным кабелям высокого напряжения. Подключение машин и механизмов осуществляется гибким кабелем с заземлением и занулением в соответствии с ПУЭ.

Все подземные выработки оснащаются приборами искусственного освещения в соответствии с правилами техники безопасности. В качестве источников света используются специальные горные светильники мощностью 60–150 Вт, которые подвешиваются по одной или двум сторонам выработки на высоте не менее 1,8 м. Проходческий забой освещается переносными светильниками или прожекторами. Все источники света потребляют электроэнергию от специальных трансформаторов. В мокрых забоях, при наличии металлического оборудования и металлических изделий, напряжение не должно превышать 12 В; в сухих забоях – 36 В; по туннелю с временной крепью – 127 В; в сухих забетонированных выработках – 220 В [15].

3.4.4.4. Общий календарный план (график) производства подземных работ

После разработки локальных (или пообъектных) планов (графиков) производства подземных работ по всем сооружениям гидроузла составляется общий календарный план (график) производства подземных работ по объекту в целом. В нём указываются: все сооружения гидроузла, на которых выполняются подземные работы; объёмы работ по проходке (выломке грунта), устройству временной крепи, постоянной обделке, укладке бетона и другое по каждому сооружению; календарные годы, месяцы; начало и окончание этих работ; месячные и годовые интенсивности.

3.4.4.5. Потребность в основном строительном оборудовании

В данном параграфе в табличной форме приводятся данные о том, какие строительные машины, механизмы, проходческие комплексы и автотранспорт требуются для выполнения подземных работ при строительстве гидроузла в разные периоды времени и в каком количестве.

Это не трудно сделать, так как при разработке технологических схем по производству подземных работ по всем сооружениям ранее были определены строительные машины, механизмы, проходческие комплексы, автотранспорт и их потребное количество. На основании общего календарного плана (графика) производства подземных работ определяется в какой период времени, на каком сооружении, какое количество строительных машин, механизмов, проходческих комплексов и автотранспорта будет задействовано и их суммарная величина в каждый период времени.

3.4.4.6. Контроль качества подземных работ

В данном параграфе указывается по каким нормативным документам (СП, СНиП, ГОСТ), ТУ, разработанным в составе ПД и как должен осуществляться контроль качества работ по проходке туннелей, камерных,

вертикальных и наклонных выработок, устройству временной крепи и постоянной обделки на сооружениях спроектированного объекта.

3.5. Глава 5. Контроль качества строительно-монтажных работ

3.5.1. Предложения по организации контроля качества строительно-монтажных работ

Вначале даются общие рекомендации по организации контроля за выполнением строительно-монтажных работ на объекте в целом. Какие службы должны быть созданы, кто из участников строительного процесса осуществляет контроль тех или иных строительно-монтажных работ.

3.5.1.1. Организация входного контроля поступающих материалов и изделий

В данном параграфе даются краткие рекомендации по организации входного контроля поступающих на строительство объекта материалов и изделий, кто и на каких этапах строительства осуществляет этот контроль, какие сопроводительные документы должен предоставлять поставщик. Основными материалами и изделиями для СМР являются цемент различных марок, сборный железобетон, металлоконструкции и металлопрокат.

3.5.1.2. Техническая инспекция генподрядчика (подрядчика)

Даётся краткое обоснование необходимости создания технической инспекции и её функций. Ответственность за качественное выполнение всех строительно-монтажных работ на объекте в соответствии с договором подряда несёт генеральный подрядчик. Главным контролирующим органом генподрядчика является создаваемая в его структуре техническая инспекция, подчиняющаяся, как правило, главному инженеру генподрядчика. Представители технической инспекции генподрядчика участвуют в приёмке всех скрытых работ и ответственных конструкций. Акты сдачи-приёмки работ без подписи представителя технической инспекции недействительны. Замечания представителя технической инспекции подлежат безусловному выполнению.

3.5.1.3. Строительная лаборатория

В данном параграфе даётся краткое обоснование необходимости создания строительной лаборатории и её функций. Создание и организация работы строительной лаборатории входит в обязанность генподрядчика. Генподрядчик может заключать договоры с аккредитованными

лабораториями на выполнение тех видов испытаний, которые не может выполнить собственными силами [1]. Перечень строительных испытательных лабораторий, осуществляющих лабораторный контроль, должен быть согласован с застройщиком (техническим заказчиком). Результаты лабораторного контроля оформляются протоколами, актами и заключениями и выдаются генподрядчику сразу после получения результата.

3.5.1.4. Организация геотехнического контроля

Даются рекомендации по организации геотехнического контроля. Геотехнический контроль выполняется при возведении грунтовых сооружений. Это контроль оснований и качественных насыпей. Основным документом, регламентирующим его проведение, является [35]. Он может осуществляться как специально созданной в структуре генподрядчика службой из специалистов-геотехников, так и независимой организацией, например, изыскательской экспедицией, работающей в районе строительства объекта. В советский период этот контроль осуществляли изыскательские экспедиции или партии, входящие в структуру института «Гидропроект».

3.5.1.5. Организация геодезического контроля

Даются рекомендации по организации геодезического контроля. Генподрядчик обязан осуществлять геодезическо-маркшейдерский контроль в процессе строительства. Для этого создаются геодезические службы как в структуре головной организации (служба главного маркшейдера), так и в строительном-монтажных организациях генподрядчика. Контроль осуществляется путём выполнения геодезических съёмок и составления исполнительных схем, прикладываемых (при необходимости) к актам сдачи-приёмки скрытых работ и ответственных конструкций.

В процессе нового строительства, реконструкции, капитального ремонта объекта в целях проверки соответствия выполняемых работ ПД и РД, требованиям технических регламентов, национальных стандартов и стандартов организаций, результатам инженерных изысканий, требованиям градостроительного плана земельного участка и охраны окружающей среды должен осуществляться строительный контроль качества СМР.

Строительный контроль качества СМР осуществляется специальными службами, создаваемыми в организациях застройщика (технического заказчика), в генподрядной и субподрядных организациях и оснащёнными современными техническими средствами, обеспечивающими достоверность и полноту контроля.

Ответственность за качественное выполнение всех строительном-монтажных работ на объекте в соответствии с договором подряда несёт генеральный подрядчик. В его обязанность входит также создание и организация работы строительной лаборатории,

которая должна быть аккредитована в соответствии с законами РФ, а также заключить с аккредитованными лабораториями договоры на выполнение тех видов испытаний, которые не может выполнить собственными силами [1].

Генподрядчик обязан осуществлять геодезическо-маркшейдерский контроль в процессе строительства. Он выполняется посредством проведения геодезических работ, в том числе инструментального контроля. Результаты инструментального контроля заносятся в общий журнал работ. Соответствие выполненных работ рабочим чертежам оформляется в исполнительной документации по результатам исполнительной съёмки [51].

В случае организации управления строительством не по схеме генподряда, а по другой, ответственность за качественное выполнение СМР на объекте несет лицо, осуществляющее управление строительством на основании договора.

Обеспечение необходимого качества выполняемых работ является непосредственной и основной обязанностью главных инженеров (или должностных лиц, выполняющих их функции, например, технический директор) генерального подрядчика и субподрядных организаций.

Строительный контроль качества выполняемых СМР должен иметь системный характер, обязательный для всех участников строительства и включать:

- входной контроль рабочей документации;
- входной контроль материалов, изделий, конструкций и оборудования;
- операционный контроль отдельных строительных процессов или производственных операций (например: укладка бетона, отсыпка суглинка, переходных зон, цементация и тому подобное);
- приёмочный контроль.

Входной контроль рабочей документации осуществляется застройщиком (техническим заказчиком) и/или генподрядчиком (подрядчиком) при получении её от проектной организации. При входном контроле рабочей документации проверяется:

- соответствие её ПД;
- комплектность;
- достаточность содержащейся в ней технической информации для производства работ;
- наличие и достоверность сметной документации.

Входной контроль материалов, изделий, конструкций и оборудования осуществляется внешним осмотром на предмет отсутствия видимых дефектов, соответствия РД, требованиям нормативной документации, а также проверяется наличие и содержание паспортов, сертификатов и других сопроводительных документов. Результаты входного контроля закупленной продукции документируются в «Журнале верификации закупленной продукции» по форме приложения А ГОСТ 24297–2013 [52]. Вышеназванный контроль осуществляет организация-получатель на каждом этапе приёмки от организации-поставщика.

Операционный контроль должен осуществляться в ходе выполнения строительных процессов или технологических операций (укладка бетона, отсыпка грунта, монтаж конструкций и тому подобное), обеспечивать своевременное выявление дефектов и принятие мер по их предупреждению и устранению. При операционном контроле следует проверять соблюдение технологии выполнения работ, соответствие выполняемых работ рабочим чертежам и техническим условиям (ТУ). Операционный контроль осуществляется в ходе работ мастером, прорабом – постоянно, специалистами строительной лаборатории, геодезической и других служб специального контроля – периодически и/или при необходимости.

Приёмочный контроль СМР осуществляется при сдаче-приёмке:

- скрытых работ;
- ответственных конструкций;
- промежуточных приёмов конструкций и сооружений, определённых договором или календарным планом (графиком) работ (например, сдача фундаментов под монтаж оборудования).

Скрытые работы подлежат освидетельствованию с составлением актов освидетельствования скрытых работ по форме, приведённой в [53]. Освидетельствование скрытых работ и составление акта следует производить непосредственно перед производством последующих работ. В случае перерыва свыше трёх суток между освидетельствованием скрытых работ и производством последующих работ должно производиться повторное освидетельствование. К акту освидетельствования скрытых работ, как правило, прилагается исполнительная схема с указанием размеров конструктива, привязки закладных деталей, цементационной закладной арматуры, уплотняющих шпонок, контрольно-измерительной арматуры (КИА) и прочее. Запрещается выполнение последующих работ при отсутствии актов освидетельствования предшествующих скрытых работ. Приёмочный контроль осуществляется представителями строительного контроля застройщика (технического заказчика), строительного контроля генподрядчика (подрядчика), проектной организации, осуществляющей авторский надзор. Подписание акта скрытых работ представителями строительного контроля застройщика (технического заказчика) и генподрядчика (подрядчика) является обязательным. Запрещается выполнение последующих работ в случае неподписания акта хотя бы одним членом комиссии, указанным в акте скрытых работ.

Приёмочный контроль ответственных конструкций осуществляется в процессе строительства по мере их готовности с составлением акта освидетельствования ответственных конструкций по форме, приведённой в [53]. В состав приёмочной комиссии в обязательном порядке входят представители строительного контроля застройщика (технического заказчика), генподрядчика (подрядчика) и проектной организации, осуществляющей авторский надзор. Примерный перечень ответственных конструкций гидротехнических сооружений, подлежащих приёмке по актам освидетельствования ответственных конструкций, приведён в [приложении Е](#).

На всех этапах строительства с целью проверки эффективности строительного контроля периодически осуществляется *инспекционный контроль*. Инспекционный контроль проводится:

- государственным строительным надзором;
- специальными службами в составе генподрядной организации или специально создаваемыми для этой цели комиссиями.

Государственный строительный надзор осуществляется в предусмотренных законодательством о градостроительной деятельности случаях в соответствии с законодательством Российской Федерации о градостроительной деятельности и другими нормативными правовыми актами [1, 54, 55].

Авторский надзор проектировщика осуществляется при строительстве опасных производственных объектов, а также особо опасных технически сложных и уникальных объектов. В остальных случаях он осуществляется по решению застройщика (технического заказчика). Порядок осуществления и функции авторского надзора устанавливаются соответствующими документами [1, 2].

Замечания представителей строительного контроля застройщика (технического заказчика) документируются в общем и специальных журналах работ, замечания представителей авторского надзора – в журнале авторского надзора. Факты устранения дефектов по замечаниям этих представителей документируются с составлением акта произвольной формы, который подписывается лицом, предъявившим замечание и лицом, осуществляющим строительство [1].

Управление качеством строительного-монтажных работ должно осуществляться всеми строительными организациями, участвующими в строительстве объекта, и включать совокупность технических, экономических и организационных мер, методов и средств, направленных на обеспечение соответствия качества работ и законченных строительством объектов требованиям нормативных документов, проектной документации и СТО 70238424.27.140.029–2009 [56].

На всех строящихся объектах должен вестись инструментальный и визуальный контроль за состоянием и развитием природных, природногенных и техногенных процессов, влияющих на ход строительства, надёжность и безопасность возводимых сооружений и сооружений, находящихся в условиях временной эксплуатации.

Инструментальный контроль должен вестись на основе показателей многофункциональной КИА, ПД на установку которой и регламент наблюдений разрабатывает генпроектировщик. Для всех наблюдаемых процессов, могущих повлиять на состояние сооружений, генпроектировщик устанавливает критериальные показатели, превышение которых недопустимо. В случае выявления превышения наблюдаемых показателей критериальных значений должны быть приняты незамедлительные меры по ликвидации выявленных несоответствий вплоть до остановки строительства или исключения фактора, приведшего к возникновению недопустимой ситуации.

Ответственность за должную организацию системы наблюдений и её результативность несут в равной степени застройщик (технический заказчик) и генпроектировщик. Ответственность за достоверность анализа состояния строящихся сооружений и сооружений, находящихся во временной эксплуатации, несут в следующей последовательности: ведущая наблюдения научная организация – генпроектировщик – застройщик (технический заказчик).

3.5.2. Перечень мероприятий по организации мониторинга за состоянием зданий и сооружений, расположенных в непосредственной близости от зоны ведения строительного-монтажных и иных работ строящегося гидроузла, которые могут повлиять на техническое состояние и надёжность таких зданий и сооружений

В этом параграфе должны содержаться:

- перечень не относящихся к гидроузлу существующих зданий и сооружений в зоне ведения СМР при возведении гидроузла или зданий и сооружений непосредственно строящегося гидроузла, возведённых ранее до выполнения этих СМР;
- сведения о факторах, которые могут негативно воздействовать на близко расположенные к месту ведения СМР здания и сооружения;
- мероприятия, которые необходимо соблюдать или выполнять при производстве СМР с целью сохранения технического состояния и надёжности этих зданий и сооружений;
- перечень мероприятий по организации мониторинга за состоянием этих зданий и сооружений.

Перечень зданий, сооружений и мероприятий по организации мониторинга может быть приведён в табличной форме.

При отсутствии таких зданий и сооружений об этом делается соответствующая запись.

Данный параграф разрабатывается в соответствии с Разделом 6, пункта 23 ф) Постановления Правительства РФ [5]. Действие этого нормативного документа распространяется на любые проектируемые объекты. Требование этого пункта важно для объектов, возводимых в условиях городской застройки или существующих рядом с промышленными объектами. Для строящихся гидроузлов он менее злободневен, так как гидроузлы, как правило, строятся в необжитых местах, однако этот подраздел должен быть в составе ПОС.

Факторами, которые способны негативно воздействовать на близко расположенные к месту ведения СМР здания и сооружения могут являться: взрывные работы при

устройстве котлованов открытым способом; подземные работы при проходке туннелей, шахт и камерных выработок, выполняемые горным способом; выполнение открытых глубоких выемок в стеснённых условиях, водопонижение с существенным изменением уровня грунтовых вод относительно бытовых условий и другое. Взрывы по своему физическому воздействию являются техногенными миниземлетрясениями. Выполнение подземных работ горным способом, кроме землетрясения, может привести к появлению просадок и/или деформации грунта над выемками. Глубокие выемки способны провоцировать оползневые явления в районе откосов и так далее.

Мероприятиями, которые способны снизить или полностью ликвидировать негативное воздействие СМР могут быть: уменьшение мощности зарядов ВВ при взрывании грунта; уменьшение длины туннеля без устройства временной крепи или постоянной обделки; предварительное устройство по периметру котлована «стены в грунте» из буробетонных свай при выполнении глубоких выемок в стеснённых условиях и другое. Для организации мониторинга за состоянием этих зданий и сооружений устанавливаются геодезические реперы, марки, маяки на стенах здания и другая КИА.

3.5.3. Перечень требований, которые должны быть учтены в рабочей документации, разрабатываемой на основании проектной документации, в связи с принятыми методами возведения строительных конструкций и монтажа оборудования

В данном параграфе приводится перечень требований, которые должны быть учтены при разработке РД в случае применения новых строительных материалов, конструктивных и/или технологических решений. Как правило это решения, которые ранее не применялись в мировой или отечественной практике. При отсутствии таких решений об этом делается соответствующая запись.

Данный параграф разрабатывается в соответствии с Разделом 6, пункта 23 п) Постановления Правительства РФ [5]. При разработке ПД на строительство гидротехнического объекта проектной организацией могут быть предложены новые строительные материалы, конструктивные и/или технологические решения, которые ранее не применялись в мировой или отечественной практике и на которые нет регламентированных требований в СП, СНиП, ГОСТ и других действующих нормативных документах. В этом случае в соответствии с пунктом 5 Общих положений Постановления Правительства РФ [5] разработке ПД должны предшествовать разработка и утверждение в установленном порядке специальных технических условий (СТУ).

Разработка РД иногда может быть поручена проектной организации, которая не разрабатывала ПД. Для этого, чтобы не допустить серьёзных ошибок при разработке РД и не допустить брака при производстве СМР, в ПОС введён данный параграф.

В качестве примера можно привести устройство противофильтрационного элемента в теле русловой грунтовой плотины Нижне-Бурейской ГЭС по типу «стены в грунте» из

глиноцементобетонных буросекущихся свай. Ранее в отечественной и мировой практике гидротехнического строительства плотины с таким противофильтрационным элементом не строились. В соответствии с [5] на основании научных исследований и необходимого обоснования были разработаны СТУ, содержащие требования, которые учитывались при возведении плотины.

3.6. Глава 6. Организация строительства в подготовительный период

3.6.1. Состав зданий и сооружений, подлежащих строительству в подготовительный период

В данном параграфе (часто в табличной форме) приводится перечень зданий и сооружений, подлежащих строительству в подготовительный период и их производственно-технические показатели. Текст обосновывается необходимостью их строительства до начала СМР на основных сооружениях гидроузла.

Исторически ход строительства крупных гидроэнергетических объектов (ГЭС) способствовал условному выделению как минимум трёх периодов строительства: *подготовительного, основного и заключительного* [14]. При наличии большого количества агрегатов и длительного срока наполнения водохранилища основной период может делиться на два или несколько, пуск первых агрегатов и последующее наращивание мощности ГЭС до проектной. Необходимость выделения подготовительного периода в советский период хозяйствования была связана и с особенностями планирования. Если на основных сооружениях гидроузла до утверждения проекта выполнять СМР было нельзя, то объекты инфраструктуры строительства (перевалочная и строительная база, дороги, временный посёлок, объекты электроснабжения, теплоснабжения, водоснабжения и другое) *при включении строительства гидроузла в пятилетний план развития народного хозяйства страны* начинать строить было можно. (В настоящий период начинать возведение объектов производственной базы можно после получения разрешения на строительство установленной формы от органов государственной власти района строительства).

Главная задача *подготовительного периода* – подготовка к ведению работ по основным сооружениям. Сюда входит строительство транспортных, энергетических и других инженерных коммуникаций, части производственной базы, части жилого посёлка и других сооружений. По продолжительности этот период охватывает время от начала строительства объекта до начала СМР на основных сооружениях гидроузла. В этот период должна быть построена часть объектов производственной базы, которая обеспечивала бы строительство основных сооружений заданными в ПД темпами. Остальная часть объектов производственной базы может быть достроена по мере разворота СМР на основных сооружениях гидроузла. Более подробно о подготовительном периоде при строительстве ГЭС можно ознакомиться в [57].

Главная задача *основного периода* – возведение основных сооружений в объёме, необходимом для пуска объекта на полную мощность. Практически в этот период должно

быть закончено строительство всех сооружений, необходимых для временной эксплуатации ГЭС. Основной период заканчивается с вводом во временную эксплуатацию последнего агрегата ГЭС.

В *заключительный период* завершаются все работы, не включенные в основной период к моменту пуска ГЭС во временную эксплуатацию. В основном это доделки по основным сооружениям, отделочные работы, благоустройство территории строительства, посёлка, рекультивация, ликвидация временных зданий и сооружений [14].

3.6.2. Календарный план (график) строительства объектов подготовительного периода

Календарный план (график) строительства объектов подготовительного периода для крупных гидротехнических объектов составляется отдельно, а для небольших объектов при малом перечне зданий и сооружений производственной базы их строительство может быть включено в начало сводного календарного плана строительства. В плане (графике) указываются: название здания или сооружения, объём работы или производственно-технические показатели и продолжительность его строительства (годы, кварталы, месяцы).

При составлении календарного плана строительства объектов подготовительного периода необходимо руководствоваться следующим. В первую очередь должны вводиться в эксплуатацию: перевалочная база, дороги, пионерная база строительства, объекты энергоснабжения, водоснабжения, водоотведения, временное жильё. К началу бетонных работ на основных сооружениях должны быть готовы: бетонное и дробильно-сортировочное хозяйства, арматурная и опалубочная мастерские и другие технологически связанные предприятия. К началу работ по строительству грунтовых сооружений должны быть готовы: базы обслуживания парка землеройных машин, тяжелых автотранспортных средств и так далее.

3.7. Глава 7. Планирование строительства

3.7.1. Сводный календарный план строительства

Сводный календарный план строительства гидроузла является основным документом ПД, в котором в концентрированном виде демонстрируются:

- состав (перечень) основных сооружений гидроузла;
- виды и объёмы СМР по каждому сооружению гидроузла, даты их начала и окончания;
- выполнение объёмов СМР по годам, кварталам и/или месяцам по каждому сооружению и виду СМР;

- суммарные объемы работ по видам СМР по гидроузлу в целом по периодам строительства;
- ключевые точки строительства: окончание подготовительного периода, перекрытие русла реки, ввод первых и последующих агрегатов ГЭС;
- условия пропуска расходов строительного периода, в том числе в период половодьев и паводков, с указанием участвующих в работе водопропускных сооружений;
- кривые изменения уровня ВБ по времени с учётом прохождения половодьев, паводков и их вероятности превышения;
- кривые роста сооружений напорного фронта гидроузла;
- кривые наполнения водохранилища в ходе строительства;
- эпюра потребности в рабочей силе по годам, кварталам и месяцам строительства.

Основой для разработки сводного календарного плана строительства гидроузла являются:

- сводный календарный план строительства гидроузла, разработанный на предыдущей стадии проектирования, например, «Обоснования инвестиций...»;
- потребности энергосистемы и отдельных потребителей электрической энергии;
- директивный план строительства или директивные сроки строительства, заданные застройщиком (техническим заказчиком).

Окончательная версия сводного календарного плана строительства формируется с учётом технологических возможностей возведения основных сооружений гидроузла и выполняется на основании разработанных при составлении ПОС объекта (см. выше) планов (графиков) производства земельно-скальных, бетонных, подземных, монтажных, специальных и других работ.

При разработке сводного календарного плана строительства следует руководствоваться следующим:

- предыдущие работы должны обеспечивать скорейшее раскрытие фронта для последующих СМР и, в первую очередь, для наиболее сложных и длительных во времени, таких как монтаж механического, гидросилового и электротехнического оборудования;
- все виды работ должны выполняться с соблюдением технологической последовательности, обеспечивая при этом поточность строительных процессов;
- желательно чтобы установленные интенсивности работ обеспечивали равномерную и непрерывную загрузку работы строительных машин, механизмов и строительных кадров.

Организованное таким образом строительство должно обеспечить минимизацию сроков ввода агрегатов ГЭС и ускорить процесс окупаемости капитальных вложений.

На основании сводного календарного плана строительства определяют: годовые и месячные интенсивности основных видов работ, потребность в основных строительных машинах и механизмах, материально-технических ресурсах, строительных кадрах, в жилой и общей площади поселка строителей.

3.7.2. Финансирование строительства

В плане финансирования строительства указываются:

- наименование глав сводного сметного расчёта;
- величина денежных средств, потребных для строительства, с распределением по годам, кварталам и месяцам по каждой главе сводного сметного расчёта.

План финансирования разрабатывается после составления сводного сметного расчета. Базой для его разработки служит сводный календарный план строительства гидроузла, на основании которого производится распределение денежных средств по периодам строительства.

3.8. Глава 8. Потребные ресурсы для строительства

3.8.1. Методы строительства

В данном параграфе даются рекомендации по методам строительства (классический, экспедиционный, вахтовый, комбинированный), их обоснование, расчёт затрат на перевозку работников при строительстве экспедиционным или вахтовым методом от места постоянного проживания (пункта сбора) до места работы и обратно, периодичность этих перевозок и количество перевозимых работников в различные периоды строительства. Эти затраты должны быть включены в смету строительства объекта.

При возведении гидроузла в необжитом районе (вне близлежащего населённого пункта) возникает необходимость строительства посёлка для строителей и будущих эксплуатационников ГЭС. Условно его можно разделить на две части – постоянную и временную, или постоянный и временный посёлки. Количество жилья и объектов соцкультбыта (детские сады, школы, пункты общественного питания, магазины, медицинские учреждения и так далее) постоянного посёлка определяется в зависимости от численности персонала ГЭС по нормам градостроительства [58], а для временного посёлка – в зависимости от метода строительства.

Строительство гидротехнического объекта может осуществляться классическим, экспедиционным, вахтовым или комбинированными методами.

При *классическом методе* строительства все участники строительства (руководители организаций, ИТР, рабочие) постоянно проживают непосредственно в районе строительства во вновь возводимом посёлке вместе с членами своей семьи. При

таком методе строительства необходимое количество жилья и объектов соцкультбыта определяется с учётом коэффициента семейности (в настоящее время для России он равен 2,7).

При значительной удалённости строящегося объекта от основного места расположения строительных организаций, выигравших конкурс на строительство, и постоянного проживания работников, участвующих в строительстве, может применяться экспедиционный либо вахтовый метод.

При *экспедиционном методе* строительство ведется мобильными подразделениями работников, которые направляются к месту производства работ, как правило, *на один сезон или квартал*. Эти работники размещаются во временных поселках, развернутых при постоянных посёлках (или отдельно от него), максимально приближенных к району основных работ. Цикл выездов к месту работы и возвращений в место постоянного проживания повторяется в заранее спланированной очередности. Организация социально-бытового обслуживания во временном поселке рассчитывается исходя из удовлетворения повседневных и периодических потребностей работников, проживающих, как правило, без членов семей, и включает в себя ограниченную по ассортименту торговлю и бытовое обслуживание, организацию досуга вне рабочего времени и в дни отдыха. Численность работников при экспедиционном методе строительства, одновременно проживающих во временном посёлке, меньше численности работников, проживающих в посёлке при традиционном методе строительства.

Вахтовый метод строительства применяется при большем по сравнению с экспедиционным методом удалении строящегося объекта от мест проживания работников. При этом работающий персонал меняется через меньшие по сравнению с экспедиционным методом промежутки времени (*неделя, декада, 2 недели*). В период пребывания на стройке работники размещаются в специально созданных вахтовых поселках и систематически возвращаются к месту постоянного проживания (пункту сбора) по заранее спланированной очередности. Предпочтительным является сочетание постоянного посёлка для эксплуатационников, имеющего необходимую инфраструктуру и объекты соцкультбыта, и вахтового посёлка. Вахтовый посёлок рассчитывается на временное проживание работников без членов семей и удовлетворение их повседневных потребностей в ограниченном ассортименте (торговля, бытовое обслуживание, досуг). Численность работников одной вахты, одновременно проживающих в вахтовом посёлке, меньше численности работников, проживающих во временном посёлке, при экспедиционном методе строительства (*проживание одной вахты без членов семьи*). Для создания временного (вахтового) посёлка при строительстве экспедиционным или вахтовым методом рекомендуется использование мобильных зданий и сооружений. При определении затрат, связанных с осуществлением СМР вахтовым методом следует руководствоваться [\[59\]](#).

Возможно применение *комбинированных методов* строительства. Сочетание вахтового и экспедиционного методов определяется как *экспедиционно-вахтовый метод*. По мнению автора наиболее предпочтительным и приемлемым для гидротехнического строительства является *сочетание традиционного и вахтового* методов строительства. В этом случае руководители строительных организаций, ИТР и наиболее квалифицированная

часть рабочих проживают в посёлке постоянно (с членами семьи), а остальная часть рабочих трудится по экспедиционному или вахтовому методу. (Гидроузлы I и II класса являются особо опасными объектами и требуют высокой квалификации работников, высокого качества СМР, надёжности и безопасности).

Для строительства экспедиционным и/или вахтовым методом характерен особый режим труда и отдыха, основанный на суммированном учёте рабочего времени, накоплении переработки (сверх восьмичасового рабочего дня) и систематическом возвращении на место постоянного проживания. При назначении конкретного режима труда и отдыха учитываются климатические и сезонные условия работы, удалённость от места постоянного проживания и условия доставки. Для этих методов характерно с одной стороны – снижение капитальных затрат на строительство временного (вахтового) посёлка, а с другой – наличие затрат на систематическую, частую перевозку работников в ходе строительства. Затраты на перевозку должны быть посчитаны и включены в смету строительства объекта. Они не должны превышать затрат на возможное возведение временного посёлка при строительстве классическим методом.

3.8.2. Потребность в строительных кадрах

В данном параграфе, как правило в табличной форме, приводится потребность в строительных кадрах с распределением по периодам строительства (год, квартал, месяц). При строительстве экспедиционным и/или вахтовым методом показывается (в том числе) численность работающих по этому методу. Дается краткое пояснение как определялась численность работающих на строительстве объекта.

Определение потребности в строительных кадрах необходимо, в первую очередь, для определения размеров посёлка строителей. Для такого масштабного проекта, каковым является гидроузел энергетического назначения, имеющий множество временных зданий и сооружений 8 главы, несколько грандиозных гидротехнических сооружений, возводимых по разным и сложным технологиям, это непростая задача. Потребность в строительных кадрах можно определить различными способами, а именно:

- определением трудозатрат на основании ЕНиР;
- с использованием технологических схем, разработанных (см. выше) для земельно-скальных, бетонных, подземных и других видов СМР;
- на основании базы данных аналогичного строительства по выработке в физических объёмах на одного рабочего или работника¹⁰.

Например, *на основании ЕНиР* можно определить трудозатраты на эталонный объём выемки, одну карту качественной насыпи, типовой для данного бетонного сооружения блок бетонирования, одну заходку при производстве подземных работ и так далее. После этого определяются трудозатраты на весь объём работ путём определения

¹⁰ Численность работников включает в себя численность рабочих, ИТР, служащих и МОП.

числа таких эталонов, карт отсыпки, блоков бетонирования в сооружении в целом. Численность рабочих определяется с учётом сменности (одна смена; две смены; непрерывный скользящий график, для которого необходимо иметь четыре смены, три работает, а одна отдыхает), сезонности работ (увеличение трудозатрат зимой), коэффициента эксплуатации строительных машин и механизмов. Введением повышающего коэффициента ($K=1,1$) следует учитывать отпуска и болезни рабочих. Суммарная численность рабочих в определённый период строительства (год, квартал, месяц) определяется как сумма рабочих, параллельно выполняющих разные виды СМР в этот период. Число ИТР, служащих и младшего обслуживающего персонала (МОП) рекомендуется принимать равным 15 % от числа рабочих. Таким образом, для определения числа работающих необходимо вычисленное число рабочих умножить на 1,15.

По *технологической схеме* производства каждого вида СМР видно: какая продолжительность выполнения определённого объёма работы требуется, какие механизмы, какая численность и состав рабочих необходим. Чтобы определить численность работающих для возведения всего сооружения необходимо поступить по описанному выше алгоритму действий.

На предварительных стадиях проектирования можно рекомендовать определение потребности в строительных кадрах на основании *базы данных аналогичного строительства* по выработке в физических объёмах, однако необходимо учитывать наличие современных, более производительных машин и механизмов.

3.8.3. Потребность в основном строительном оборудовании

В данном параграфе в табличной форме приводится перечень строительных машин, механизмов, бетоноукладочных и монтажных кранов, проходческих комплексов и автотранспорта, необходимых для выполнения СМР при строительстве гидроузла в целом и их количество в разные периоды времени.

Это не трудно сделать, так как при разработке ПОС по каждому виду СМР (см. выше) уже было определено необходимое количество строительных машин и механизмов с распределением по периодам строительства. По сути это сводная таблица потребности в строительных машинах и оборудовании, составленная на основании ранее выполненных расчётов.

3.9. Глава 9. Основные показатели проекта организации строительства

В данном параграфе, как правило в табличной форме, приводятся основные показатели разработанного ПОС:

- сроки строительства, в том числе ключевых этапов строительства;

- основные объёмы работ по сооружениям гидроузла (выемка, насыпь грунта, бетон, сборный железобетон, металлоконструкции, выломка грунта при строительстве подземных сооружений и так далее);
- максимальная интенсивность видов СМР (выемка, насыпь грунта, укладка бетона, подземная выломка породы, монтаж металлоконструкций и так далее);
- потребность в основных строительных материалах (цемент, арматура, металл, древесина и другое);
- количество работающих в пиковый год строительства объекта;
- сметная стоимость строительства.

3.10. Глава 10. Охрана труда, пожарная и промышленная безопасность

3.10.1. Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

В данном параграфе излагаются мероприятия по обеспечению пожарной безопасности, которые должны выполняться при строительстве объекта. Требования к пожарной безопасности в строительстве определяются Федеральным законом РФ от 22.07.2008 № 123-ФЗ [\[60\]](#) и Правилами противопожарного режима в РФ [\[61\]](#).

3.10.2. Мероприятия по обеспечению охраны труда и промышленной безопасности

3.10.2.1. Общие требования

В данном параграфе излагаются мероприятия по обеспечению охраны труда и промышленной безопасности, которые должны выполняться при строительстве объекта. Общие требования по охране труда регламентируются Трудовым кодексом Российской Федерации [\[62\]](#). Требования к решениям по охране труда и промышленной безопасности в ПОС и ППР регламентируются СП 12-136-2002 [\[63\]](#).

3.10.2.2. Охрана труда при производстве земельно-скальных работ

Приводятся мероприятия, которые необходимо выполнять при производстве земельно-скальных работ. Конкретные требования к безопасности труда при производстве строительного-монтажных и специальных работ изложены в СНиП 12-03-2001 [\[64\]](#) и СНиП 12-04-2002 [\[65\]](#).

3.10.2.3. Охрана труда при производстве бетонных и монтажных работ

Приводятся мероприятия, которые необходимо выполнять при производстве бетонных и монтажных работ.

3.10.2.4. Охрана труда при производстве подземных работ

Приводятся мероприятия, которые необходимо выполнять при производстве подземных работ.

3.10.2.5. Охрана труда при производстве специальных работ

Приводятся мероприятия, которые необходимо выполнять при производстве специальных работ.

Исходными данными для разработки требований охраны труда и промышленной безопасности в ПОС являются [\[63\]](#):

- объёмно-планировочные и конструктивные решения зданий и сооружений с разбивкой здания или сооружения на отдельные блоки (секции);
- условия возведения объекта, требующие совмещения производства работ в пространстве и во времени, что вызывает необходимость применения особых мер по защите рабочих или окружающей среды;
- данные по обеспечению строительства энергетическими ресурсами, водой;
- сведения об условиях обеспечения работников санитарно-бытовыми помещениями;
- особые условия строительства, связанные со строительством, реконструкцией и эксплуатацией опасных производственных объектов;
- имеющийся опыт возведения подобных объектов.

Требования охраны труда и промышленной безопасности должны учитываться при разработке следующих документов в составе ПОС [\[63\]](#):

- календарного плана, в котором определяются сроки и очередность проведения подготовительных мероприятий и строительства объекта с выделением работ, выполняемых в условиях действия опасных и вредных производственных факторов или связанных со строительством, реконструкцией и эксплуатацией опасных производственных объектов;
- строительного генерального плана с размещением строящихся зданий и сооружений, существующих и подлежащих сносу строений, существующих и перекладываемых коммуникаций, размещением временных зданий и сооружений, временных и постоянных дорог, мест для подключения временных коммуникаций, с размещением опасных производственных объектов, расположенных вблизи стройплощадки объектов, требующих применения защитных мероприятий;
- технологических схем, определяющих последовательность и совмещение работ при возведении зданий и сооружений с учётом обеспечения безопасности производства работ;

- решений по охране труда и промышленной безопасности при выполнении работ в условиях действия потенциально опасных производственных факторов и эксплуатации опасных производственных объектов;
- пояснительной записки, содержащей необходимые обоснования и расчеты для принятых решений.

Принятые в ПОС решения по учёту требований охраны труда и промышленной безопасности служат основой для включения в сметную стоимость строительства [\[63\]](#).

Ответственными за обеспечение охраны труда в пределах порученных им участков работ являются [\[64\]](#):

- в целом по организации и в её структурных подразделениях – руководитель организации/подразделения, главный инженер организации/подразделения;
- на производственных территориях – начальник участка, ответственный производитель работ по строительному объекту (прораб);
- при эксплуатации машин и оборудования – главный механик, главный энергетик;
- при выполнении конкретных работ и на рабочих местах – мастер.

В целях обеспечения соблюдения требований охраны труда и осуществления контроля за их выполнением в каждой организации, осуществляющей строительство, с численностью более 50 работников создаётся служба охраны труда или вводится должность специалиста по охране труда, имеющего соответствующую подготовку или опыт работы в этой области. В организации с численностью 50 и менее работников решение о создании службы охраны труда или введении должности специалиста по охране труда принимается работодателем с учётом специфики деятельности данной организации. При отсутствии в организации службы охраны труда (специалиста по охране труда) их функции осуществляют: руководитель организации, другой уполномоченный работодателем работник либо организация или специалист, оказывающие услуги в области охраны труда, привлекаемые работодателем по гражданско-правовому договору. Структура службы охраны труда в организации и численность работников службы определяются работодателем с учётом рекомендаций федерального органа исполнительной власти [\[62\]](#).

В организации должно быть организовано проведение проверок, контроля и оценки состояния охраны труда и условий безопасности труда, включающих следующие уровни и формы проведения контроля:

- постоянный контроль работниками исправности оборудования, приспособлений, инструмента, проверка наличия и целостности ограждений, защитного заземления и других средств защиты до начала работ и в процессе работы;
- периодический оперативный контроль, проводимый руководителями работ и подразделений организации согласно их должностным обязанностям;
- выборочный контроль состояния условий и охраны труда в подразделениях организации, проводимый службой охраны труда согласно утверждённым планам.

При обнаружении нарушений норм и правил охраны труда работники должны принять меры к их устранению собственными силами, а в случае невозможности этого прекратить работы и информировать должностное лицо. В случае возникновения угрозы

безопасности и здоровью работников ответственные лица обязаны прекратить работы и принять меры по устранению опасности, а при необходимости обеспечить эвакуацию людей в безопасное место [\[64\]](#).

Инженерно-технические работники строительных организаций должны ежегодно проходить проверку знания ими правил безопасности труда в строительстве в комиссии под председательством главного инженера организации.

Каждый рабочий, поступающий на работу в строительную организацию, может быть допущен к работам только после прохождения вводного инструктажа и инструктажа на рабочем месте. Вводный инструктаж проводится специалистом по охране труда и предусматривает ознакомление рабочего с правилами внутреннего трудового распорядка и общими нормами охраны труда на стройплощадке, общими правилами обращения с инструментом и механизмами, порядком пользования спецодеждой, индивидуальными средствами защиты.

Инструктаж на рабочем месте проводится мастером, производителем работ, механиком. Ни один рабочий не может быть допущен к работе без инструктажа на рабочем месте. Кроме инструктажа все вновь поступившие на строительство рабочие в течение трех месяцев со дня приема на работу должны быть обучены безопасным методам и приёмам работ по специальной программе, утверждённой главным инженером строительной организации.

В соответствии с законодательством работодатель обязан организовать проведение расследования несчастных случаев на производстве в порядке, установленном Постановлением Министерства труда и социального развития Российской Федерации от 24 октября 2002 г. № 73 [\[66\]](#). По результатам расследования должны быть разработаны и выполнены профилактические мероприятия по предупреждению производственного травматизма и профзаболеваний [\[64\]](#).

Работодатель обязан представлять в Федеральный орган исполнительной власти, осуществляющий государственный надзор и контроль за соблюдением трудового законодательства и иных нормативно-правовых актов, содержащих нормы трудового права, и другим уполномоченным в соответствии с законодательством Российской Федерации органам государственного надзора и общественного контроля за соблюдением требований охраны труда запрашиваемую ими документацию, относящуюся к охране труда, обеспечивать беспрепятственный допуск представителей этих органов на стройплощадку, в производственные и санитарно-бытовые помещения и на рабочие места [\[64\]](#).

3.10.3. Перечень мероприятий и проектных решений по определению технических средств и методов работы, обеспечивающих выполнение нормативных требований охраны труда

В данном параграфе, как правило, в табличной форме, приводится требуемый перечень мероприятий и проектных решений.

3.11. Глава 11. Мероприятия по охране окружающей среды в период строительства

В данной главе приводится перечень мероприятий по охране окружающей среды в период строительства, разработанный на основании инженерно-экологических изысканий, выполненных в соответствии с [12]. Определяются объёмы и классы опасности образующихся отходов в процессе выполнения СМР, а также порядок их утилизации.

При строительстве объекта должны соблюдаться следующие требования:

- все строительные работы по объекту должны вестись в соответствии с градостроительным планом, выданным на данное строительство;
- все природоохранные мероприятия, предусмотренные на строящемся объекте утверждённой ПД, должны быть осуществлены в строгом соответствии с календарным планом строительства и предъявлены государственному строительному надзору [67];
- производственные и бытовые стоки, образующиеся на строительной площадке, должны очищаться и обезвреживаться в порядке, предусмотренном ПОС;
- производство строительно-монтажных работ в пределах охранных, заповедных, санитарных зон и территорий следует осуществлять в порядке, установленном специальными правилами и положениями об этих территориях;
- на территории строящихся объектов не допускается непредусмотренное ПД сведение древесно-кустарниковой растительности и засыпка грунтом корневых шеек и стволов растущих деревьев и кустарника;
- при выполнении работ по вертикальной планировке почвенный слой, пригодный для последующего использования, должен предварительно сниматься и складироваться в специально отведённых местах;
- временные автомобильные дороги и другие подъездные пути должны устраиваться с учётом требований по предотвращению повреждений сельскохозяйственных угодий и древесно-кустарниковой растительности.

За нарушение окружающей среды руководители организаций, допустивших нарушение, несут установленную законодательством персональную ответственность.

3.12. Библиография

В данном месте пояснительной записки приводится список использованной при проектировании ПОС нормативной литературы.

При составлении пояснительной записки по тексту должны быть приведены ссылки на использованную нормативную литературу.

3.13. Приложения

В конце пояснительной записки, при необходимости по мнению разработчиков ПОС или требованию застройщика (технического заказчика), в форме приложений могут приводиться некоторые расчёты и другие материалы, обосновывающие принятые в ПОС технические решения.

РАЗДЕЛ 4. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА ПРИ ТЕХНИЧЕСКОМ ПЕРЕВООРУЖЕНИИ И/ИЛИ РЕКОНСТРУКЦИИ ОБЪЕКТОВ ГИДРОЭНЕРГЕТИКИ В УСЛОВИЯХ ДЕЙСТВУЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ

При техперевооружении и реконструкции действующих объектов гидроэнергетики ПОС содержит такие же главы и параграфы, как при новом строительстве, но его объём значительно меньше. Практически не требуется создавать новую инфраструктуру, объекты производственной базы, меньше затрагиваемых техперевооружением и/или реконструкцией ГЭС, оборудования и, как следствие, выполняемых СМР в целом.

При составлении ПОС по техническому перевооружению и/или реконструкции гидроэнергетического объекта необходимо соблюдать следующие требования:

- производство строительно-монтажных работ в условиях действующего предприятия должно быть скоординировано с производственной деятельностью объекта. Застройщик (технический заказчик), эксплуатирующая организация и подрядчик должны определить порядок согласованных действий и назначить ответственного за оперативное руководство работами;
- в условиях действующего предприятия необходимо предусматривать совместное использование внутриплощадочных транспортных коммуникаций и инженерных сетей, цехового грузоподъёмного оборудования, как для целей реконструкции, так и эксплуатации объекта;
- при реконструкции объекта необходимо учитывать данные обследования технического состояния конструкций, внутрицеховых и внутриплощадочных транспортных средств и коммуникаций, оборудования и инженерных сетей, условия производства демонтажных и строительно-монтажных работ (загазованность, запылённость, взрыво- и пожароопасность, повышенный шум, стеснённость и тому подобное).

Руководителю объекта реконструкции и/или техперевооружения и подрядчику совместно с генеральной проектной организацией необходимо:

- согласовать объёмы, технологическую последовательность, сроки выполнения строительно-монтажных работ, а также условия их

совмещения с работой производственных подразделений и оборудования реконструируемого объекта;

- определить порядок оперативного руководства, включая действия строителей и эксплуатационников при возникновении аварийных ситуаций;
- определить последовательность разборки конструкций, а также разборки и переноса инженерных сетей и условия подключения временных сетей электроснабжения, водоснабжения, воздухообеспечения и других систем для целей эксплуатации и реконструкции;
- составить перечень услуг объекта и его технических средств, которые могут быть использованы строителями в период производства работ;
- определить условия: организации первоочередной поставки оборудования, материалов и изделий; организации перевозок и складирования грузов и передвижения строительной техники по территории объекта, а также размещения инвентарных зданий и сооружений строительной организации;
- определить порядок образования и обращения с отходами, образующимися при производстве СМР.

При разработке стройгенпланов необходимо указывать границы эксплуатационной зоны и зоны реконструкции и/или техперевооружения. В соответствующих разделах пояснительной записки необходимо излагать требования по пожарной, промышленной безопасности и системе допуска в эти зоны.

Гидроэлектростанции России, построенные в XX веке, многие десятилетия находятся в эксплуатации. Их оборудование физически и морально устарело и требует замены. Необходим ремонт и некоторым ГЭС этих гидроузлов. По указанной причине техническое перевооружение и/или реконструкция действующих объектов гидроэнергетики востребованы в настоящее время и будут востребованы в дальнейшем.

Крупнейший собственник гидроэнергетических объектов России – ПАО «РусГидро» после аварии на Саяно-Шушенской ГЭС принял беспрецедентное решение – направить значительные средства инвестиционной программы на замену отработавшего свой ресурс основного гидросилового, электротехнического и механического оборудования, ремонт гидротехнических сооружений. К 2010 г. средний уровень физического износа основного оборудования на объектах ПАО «РусГидро» оценивался в 65–70 %. В 2011 г. Совет директоров ПАО «РусГидро» утвердил Программу комплексной модернизации гидроэлектростанций. Её бюджет в ценах того времени оценен в 445,5 млрд. руб. После реализации этой Программы установленная мощность ГЭС холдинга увеличится на 779 МВт, выработка электроэнергии на 1,3 млрд кВт.ч/год. По существу ПАО «РусГидро» получит станции с современным оборудованием и системами управления.

Техническим перевооружением и реконструкцией действующих ГЭС занимаются и другие собственники.

Недавно вышло Распоряжение Правительства РФ от 1 июня 2021 г. № 1447-р «Об утверждении плана мероприятий по реализации Энергетической стратегии РФ на период до 2035 г.» [\[68\]](#). Эти мероприятия, в частности, предусматривают: повышение надежности и качества энергоснабжения потребителей, масштабную модернизацию действующих генерирующих мощностей и вывод из эксплуатации устаревшего неэффективного генерирующего оборудования. В п. 62. вышеназванного документа планируется: «Выполнение технических мероприятий (техническое перевооружение, реконструкция, замена) на генерирующем оборудовании гидроэлектростанций в целях улучшения его технических параметров и (или) повышение эффективности управления режимами работы гидроэлектростанций».

При техническом перевооружении и реконструкции в зависимости от определённого специалистами остаточного ресурса производится замена: гидротурбин и гидрогенераторов с повышением их КПД и, как следствие, с повышением установленной мощности; трансформаторного оборудования; ОРУ на КРУЭ с повышением надёжности и безопасности; автоматических систем управления технологическими процессами; затворов и другого механического оборудования и необходимый ремонт ГЭС. Выполнение названных работ повышает экологическую безопасность гидроэлектростанций.

С реконструкцией оборудования Усть-Хантайской ГЭС (в качестве примера) можно ознакомиться в [\[69\]](#).

РАЗДЕЛ 5. ТРЕБОВАНИЯ К ПРОЕКТУ ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ

Основным нормативным документом при разработке ППР является [\[1\]](#).

В зависимости от сроков строительства объекта и объёмов работ по решению строительно-монтажной организации, осуществляющей строительство, ППР может разрабатываться на строительство здания или сооружения в целом или на возведение его отдельных частей (подземная и надземная часть, секция, пролёт, этаж и тому подобное), на выполнение отдельных технически сложных строительных, монтажных и специальных работ.

ППР должен быть разработан и передан на строительную площадку не позднее чем за 2 месяца до начала работ, на которые он составлен. В составе ППР на возведение сложных и уникальных объектов должны разрабатываться программы необходимых исследований, испытаний и режимных наблюдений, включая методы технического контроля, организацию полигонов, измерительных постов и другие работы.

ППР разрабатываются подрядными строительно-монтажными организациями, выполняющими эти работы, либо по их заказу на договорной основе проектными, проектно-конструкторскими, проектно-технологическими организациями. Стоимость разработки ППР входит в стоимость выполнения строительно-монтажных и специальных работ за исключением ППР на строительство зданий и сооружений с особо сложными конструкциями и методами производства работ. Такие ППР должны разрабатываться проектными организациями одновременно с разработкой рабочей документации. В этом случае должны разрабатываться рабочие чертежи на специальные, вспомогательные сооружения, приспособления, устройства и установки к которым относятся:

- ППР на перекрытие русла реки;
- оснастка и приспособления для транспортировки и монтажа (подъёма, надвигки, сборки) уникального оборудования, негабаритных и тяжеловесных блоков;
- специальная опалубка сводов-оболочек, несъёмная и скользящая опалубка;
- устройства для обеспечения работ по искусственному понижению уровня грунтовых вод, искусственному замораживанию грунтов, закреплению грунтов способами цементации, силикатизации и тому подобное;

- шпунтовые ограждения котлованов и траншей;
- устройства для крупноблочного монтажа оборудования и укрупнительной сборки конструкций;
- оснастка и специальные устройства для возведения подземных сооружений способом «стена в грунте», возведения сооружений глубокого заложения на сваях-оболочках и с применением опускных колодцев;
- вспомогательные устройства, необходимые при передвижке и надстройке зданий, строительстве их в особо стеснённых условиях в случае реконструкции.

При разработке ППР на перекрытие русла реки актуализируются все выполненные в ПОС расчёты, с учётом конкретных условий строительства, а также определяются:

- объём материалов и изделий, необходимых для перекрытия и места их складирования;
- количество и марка потребных машин и механизмов;
- календарный план (график) перекрытия и интенсивности отсыпки материалов;
- стройгенплан перекрытия с указанием площадок складирования, расстановки механизмов и схемы движения автотранспорта при отсыпке;
- технологическая карта отсыпки материалов;
- требования охраны труда и промышленной безопасности.

К разработке вышеуказанной документации, как правило, должны привлекаться специализированные проектные, проектно-конструкторские, проектно-технологические организации.

ППР, а также иные документы, в которых содержатся решения по организации строительного производства и технологии СМР, утверждаются руководителем (главным инженером) генподрядной организации, выполняющей эти работы. ППР на вид подрядных работ, выполняемых субподрядной организацией, утверждается руководителем этой организации по согласованию с генподрядчиком [\[1\]](#).

ППР, при необходимости, может быть согласован со всеми заинтересованными лицами: застройщиком (техническим заказчиком), проектной, эксплуатирующей организацией и другими [\[1\]](#).

ППР на расширение, реконструкцию и/или техническое перевооружение действующего объекта, предприятия должен быть согласован с руководителем этого предприятия.

ППР может разрабатываться в *полном или неполном* объёме.

ППР в полном объёме должен разрабатываться:

- при любом строительстве на городской территории;
- при любом строительстве на территории действующего предприятия;
- при строительстве в сложных природных и геологических условиях (сложность определяется в проектной документации и результатах изысканий), а также при строительстве уникальных, особо опасных и технически сложных объектов.

В остальных случаях по решению лица, осуществляющего строительство (главного инженера), ППР может разрабатываться в неполном объёме [\[1\]](#).

Исходными материалами для разработки ППР являются:

- задание на разработку, выдаваемое строительной организацией как заказчиком ППР, с обоснованием необходимости разработки его на здание (сооружение) в целом, его часть или вид работы с указанием сроков разработки;
- ПОС;
- необходимая рабочая документация, в том числе рабочая документация на специальные вспомогательные сооружения и устройства, перечень которых приведён в приложении Л в [\[1\]](#);
- условия поставки конструкций, готовых изделий, материалов и оборудования, использования строительных машин и транспортных средств, обеспечения рабочими кадрами строителей по основным профессиям, производственно-технологической комплектации и перевозки строительных грузов, а в необходимых случаях также условия организации строительства и выполнения работ вахтовым методом;
- материалы и результаты технического обследования действующих предприятий, зданий и сооружений при их реконструкции, а также требования к выполнению строительных, монтажных и специальных работ в условиях действующего производства.

Решения ППР должны обеспечивать достижение механической и производственной безопасности объектов капитального строительства [\[1\]](#).

Исходными данными для разработки требований охраны труда и промышленной безопасности в ППР являются [\[63\]](#):

- ПОС;
- необходимая рабочая документация;
- материалы и результаты технического обслуживания подлежащих реконструкции эксплуатируемых зданий и сооружений, а также требования к выполнению строительных работ в условиях действующего производства;
- существующий в строительной организации парк машин и механизмов;
- особые условия строительства, связанные с возникновением зон постоянно действующих и потенциальных опасных производственных факторов.

Требования охраны труда и промышленной безопасности должны учитываться при разработке следующих документов в составе ППР [\[63\]](#):

- календарного плана (графика) производства работ, в котором устанавливается последовательность выполнения с выделением работ, связанных со строительством, эксплуатацией и реконструкцией опасных производственных объектов, а также указанием производства совмещённых работ;
- стройгенплана с указанием: ограждения стройплощадки и участков работ; строящихся и эксплуатируемых зданий и сооружений; мест расположения подземных и наземных коммуникаций; опасных зон вблизи строящихся зданий, реконструируемых и эксплуатируемых опасных производственных объектов, мест работы экскаваторов и другой строительной техники; мест установки грузоподъёмных кранов и зоны ограничения их работы; мест размещения санитарно-бытовых и производственных зданий и сооружений; мест складирования строительных материалов и конструкций; автомобильных дорог и проходов работников; мест установки пожарных гидрантов, щитов с противопожарным инвентарём, мест курения;
- технологических карт (схем) на выполнение отдельных видов работ;
- решений по охране труда и промышленной безопасности при выполнении работ в условиях действия опасных производственных факторов и эксплуатации опасных производственных объектов;
- пояснительной записки, содержащей необходимые обоснования и расчёты.

В ППР не допускаются отступления от решений ПД без согласования с организациями, утвердившими ПД [\[1\]](#).

Работа без ППР является нарушением законодательства РФ.

При разработке ППР следует руководствоваться [\[1, 60, 61, 63–65, 70–74\]](#) и другой актуальной нормативной литературой.

Рекомендуемый состав ППР в полном и неполном объеме приводится в [приложении Ж](#).

Приложение А (рекомендуемое)

Состав и содержание проектов организации строительства

Таблица А.1. Состав глав и параграфов пояснительной записки

Наименование главы	Содержание раздела «Организация строительства» в составе ОИ	Содержание ПОС в составе ПД
Введение	Основания для разработки. Сведения о разработчиках.	Основания для разработки. Сведения о разработчиках.
Общие данные по гидроузлу	Краткие сведения о гидроузле.	Краткие сведения о гидроузле.
Глава 1. Характеристика условий и общие вопросы организации строительства	<p>1.1. Краткая характеристика природных условий (инженерно-гидрометеорологические, инженерно-геологические, топографические, сейсмологические и экологические условия, ледовый и термический режим).</p> <p>1.2. Строительно-хозяйственные условия района строительства.</p> <p>1.3. Компоновка и краткая характеристика основных сооружений гидроузла.</p> <p>1.4. Основные положения организации строительства.</p> <p>1.5. Стройгенплан и транспорт строительства (транспортная схема, стройгенплан размещения объектов производственной базы, автомобильные дороги, перевозка тяжеловесных и негабаритных грузов).</p>	<p>1.1. Краткая характеристика природных условий.</p> <p>1.1.1. Инженерно-гидрометеорологические условия, ледовый и термический режим.</p> <p>1.1.2. Инженерно-геологические, топографические, сейсмические и экологические условия.</p> <p>1.2. Строительно-хозяйственные условия района строительства (существующие автомобильные и железные дороги, водный и воздушный транспорт, прирельсовые и перевалочные базы, предприятия стройиндустрии, наличие местной рабочей силы).</p> <p>1.3. Компоновка и краткая характеристика основных сооружений гидроузла.</p> <p>1.3.1. Плотина.</p> <p>1.3.2. Здание ГЭС.</p> <p>1.3.3. Водосбросные сооружения.</p> <p>1.3.4. Пристанционная площадка.</p> <p>1.3.5. Строительные туннели (при наличии).</p> <p>1.3.6. Другие сооружения (при наличии)</p> <p>1.3.7. Объёмы работ по сооружениям.</p> <p>1.4. Основные положения организации строительства (сроки и очередность работ).</p> <p>1.5. Стройгенплан и транспорт строительства.</p> <p>1.5.1. Транспортная схема строительства (схема района строительства с указанием строительных площадок и дорог; схема внешних транспортных связей строительства; возможные источники получения местных и привозных материалов, изделий, конструкций).</p> <p>1.5.2. Автомобильные дороги (характеристика существующих, реконструируемых и проектируемых дорог, мостов; объёмы работ по ним).</p> <p>1.5.3. Стройгенплан (размещение объектов производственной базы).</p>

		1.5.4. Перевозка тяжеловесных и негабаритных грузов (варианты доставки рабочих колёс гидротурбин, трансформаторов и другого негабаритного и тяжеловесного оборудования; места размещения разгрузочных площадок, причалов; способы погрузки и выгрузки).
Глава 2. Производственные предприятия строительства	2.1. Перевалочная база строительства (перечень объектов). 2.2. Производственная база строительства в районе основных работ (РОР) (перечень объектов). 2.3. Производственно-технические показатели производственных предприятий строительства и складского хозяйства.	2.1. Перевалочная база строительства. 2.1.1. Перечень объектов перевалочной базы. 2.1.2. Пионерное хозяйство. 2.1.3. Складское хозяйство. 2.1.4. Автобаза внешних перевозок. 2.1.5. Автозаправочная станция. 2.1.6. Пожарное депо. 2.1.7 Административно-бытовой корпус. 2.1.8. Другие объекты (при наличии) 2.1.9. Инженерные сети и сооружения. 2.2. Производственная база строительства в районе основных работ (РОР). 2.2.1. Пионерная база. 2.2.2. База главного энергетика. 2.2.3. База Сантехмонтажа. 2.2.4 База Гидромонтажа ¹¹ . 2.2.5. База Спецгидроэнерго-монтажа. 2.2.6. База Гидроэлектромонтажа. 2.2.7. База Гидроспецстроя. 2.2.8. База сборного железобетона. 2.2.9. База механизации. 2.2.10. Автобаза на N-е количество автомобилей. 2.2.11. Опалубочная мастерская. 2.2.12. Арматурное хозяйство. 2.2.13. Обоганительное и бетонное хозяйство. 2.2.14. Склад материально-технического снабжения. 2.2.15. Склад основного оборудования. 2.2.16. Склад взрывчатых веществ. 2.2.17. Кислородная и ацетиленовая станция. 2.2.18. Автозаправочная станция. 2.2.19. Административно-хозяйственный комплекс. 2.2.20. Дорожно-строительный участок. 2.2.21. Участковые хозяйства. 2.2.22. Другие базы и хозяйства (при наличии). 2.3. Производственно-технические показатели производственных предприятий строительства и складского хозяйства.

¹¹ Даются названия баз, принятые в советское время и отражающие специфику работ.

<p>Глава 3. Инженерное обеспечение строительства в районе основных работ</p>	<p>3.1. Электроснабжение. 3.2. Теплоснабжение. 3.3. Водоснабжение и водоотведение. 3.4. Воздухоснабжение. 3.5. Связь.</p>	<p>3.1. Электроснабжение. 3.2. Теплоснабжение. 3.3. Водоснабжение и водоотведение. 3.4. Воздухоснабжение. 3.5. Связь.</p>
<p>Глава 4. Технология строительства</p>	<p>4.1. Пропуск расходов реки в строительный период. 4.1.1. Схема пропуска расходов реки на этапах строительства. 4.1.2. Перемычки. Конструкция, технология их возведения и объёмы работ. 4.1.3. Перекрытие русла реки. 4.1.4. Водоотлив из котлованов и недостроенных сооружений. 4.2. Земельно-скальные работы. 4.2.1. Характеристика и объёмы работ. 4.2.2. Производство земельно-скальных работ по каждому сооружению гидроузла, в том числе технологические схемы. 4.2.3. Буровзрывные работы. 4.2.4. Карьеры местных строительных материалов (инженерно-геологические данные по разведанным карьерам). 4.2.5. Бурты и отвалы. 4.2.6. Рекультивация. 4.2.7. Общий календарный план (график) производства земельно-скальных работ. 4.2.8. Баланс грунтов. 4.2.9. Потребность в строительных машинах, механизмах и автотранспорте для производства земельно-скальных работ. 4.3. Бетонные, монтажные и специальные работы. 4.3.1. Характеристика и объёмы бетонных работ. 4.3.2. Производство бетонных работ по каждому сооружению гидроузла (технологические схемы, календарный план, потребное количество строительных машин). 4.3.3. Арматурные работы. 4.3.4. Опалубочные работы. 4.3.5. Производство бетонных работ в периоды с отрицательными температурами наружного воздуха. 4.3.6. Общий календарный план (график) производства бетонных работ. 4.3.7. Монтажные работы. 4.3.8. Специальные работы. 4.3.9. Потребность в основном строительном оборудовании для производства бетонных, монтажных и специальных работ. 4.4. Подземные работы. 4.4.1. Характеристика и объёмы работ.</p>	<p>4.1. Пропуск расходов реки в строительный период. 4.1.1. Схема пропуска расходов реки на этапах строительства. 4.1.2. Перемычки. Конструкция, технология их возведения и объёмы работ. 4.1.3. Перекрытие русла реки. 4.1.4. Водоотлив из котлованов и недостроенных сооружений. 4.2. Земельно-скальные работы. 4.2.1. Характеристика и объёмы работ. 4.2.2. Производство земельно-скальных работ по разработке котлованов: 4.2.2.1 бетонной плотины (технологические схемы, календарный план, потребное количество строительных машин); 4.2.2.2 грунтовой плотины (технологические схемы, календарный план, потребное количество строительных машин). 4.2.2.3 здания ГЭС (технологические схемы, календарный план, потребное количество строительных машин). 4.2.2.4 берегового водосброса (технологические схемы, календарный план, потребное количество строительных машин). 4.2.2.5 производство земельно-скальных работ по возведению грунтовой плотины (технологические схемы, календарный план, потребное количество строительных машин). 4.2.3. Буровзрывные работы. 4.2.4. Карьеры местных строительных материалов (инженерно-геологические данные по разведанным карьерам, качественно-количественная схема получения сортированных материалов, технологические схемы, потребное количество строительных машин). 4.2.5. Бурты и отвалы. 4.2.6. Рекультивация. 4.2.7. Общий календарный план (график) производства земельно-скальных работ. 4.2.8. Баланс грунтов. 4.2.9. Потребность в строительных машинах, механизмах и автотранспорте для производства земельно-скальных работ. 4.2.10. Контроль качества земельно-скальных работ.</p>

	<p>4.4.2. Производство работ по проходке и бетонированию отдельных сооружений (технологические схемы, календарный план, потребное количество строительных машин).</p> <p>4.4.3. Инженерное обеспечение проходки туннелей и подземных выработок (вентиляция, пылеподавление, водоотлив, снабжение сжатым воздухом, электроснабжение).</p> <p>4.4.4. Общий календарный план (график) производства подземных работ.</p> <p>4.4.5. Потребность в основном строительном оборудовании.</p>	<p>4.3. Бетонные, монтажные и специальные работы.</p> <p>4.3.1. Характеристика и объёмы бетонных работ.</p> <p>4.3.2. Производство работ по возведению бетонной плотины (технологические схемы, календарный план, потребное количество строительных машин).</p> <p>4.3.3. Производство работ по возведению здания ГЭС (технологические схемы, календарный план, потребное количество строительных машин).</p> <p>4.3.4. Производство работ по возведению берегового водосброса (технологические схемы, календарный план, потребное количество строительных машин).</p> <p>4.3.5. Производство работ по возведению других бетонных сооружений гидроузла (при наличии).</p> <p>4.3.6. Арматурные работы.</p> <p>4.3.7. Опалубочные работы.</p> <p>4.3.8. Производство бетонных работ в периоды с отрицательными температурами наружного воздуха.</p> <p>4.3.9. Общий календарный план (график) производства бетонных работ.</p> <p>4.3.10. Монтажные работы.</p> <p>4.3.10.1. Монтаж гидросилового оборудования.</p> <p>4.3.10.2. Монтаж механического оборудования и металлоконструкций.</p> <p>4.3.10.3. Монтаж электротехнического оборудования.</p> <p>4.3.11. Специальные (цементационные и другие) работы.</p> <p>4.3.12. Потребность в основном строительном оборудовании для производства бетонных, монтажных и специальных работ.</p> <p>4.3.13. Контроль качества бетонных, монтажных и специальных работ.</p> <p>4.4. Подземные работы.</p> <p>4.4.1. Характеристика и объёмы работ.</p> <p>4.4.2. Производство работ по проходке и бетонированию отдельных сооружений (технологические схемы, календарный план, потребное количество строительных машин).</p> <p>4.4.3. Инженерное обеспечение проходки туннелей и подземных выработок (вентиляция, пылеподавление, водоотлив, снабжение сжатым воздухом, электроснабжение).</p> <p>4.4.4. Общий календарный план (график) производства подземных работ.</p> <p>4.4.5. Потребность в основном строительном оборудовании.</p>
--	--	--

		4.4.6. Контроль качества подземных работ.
Глава 5. Контроль качества строительного-монтажных работ	5. Основные положения по организации контроля качества строительного-монтажных работ.	<p>5.1. Предложения по организации контроля качества строительного-монтажных работ.</p> <p>5.1.1. Организация входного контроля поступающих материалов и изделий.</p> <p>5.1.2. Техническая инспекция генподрядчика (подрядчика).</p> <p>5.1.3. Строительная лаборатория.</p> <p>5.1.4. Организация геотехнического контроля.</p> <p>5.1.5. Организация геодезического контроля.</p> <p>5.2. Перечень мероприятий по организации мониторинга за состоянием зданий и сооружений, расположенных в непосредственной близости от зоны ведения строительного-монтажных и иных работ строящегося гидроузла, которые могут повлиять на техническое состояние и надёжность таких зданий и сооружений.</p> <p>5.3. Перечень требований, которые должны быть учтены в рабочей документации, разрабатываемой на основании проектной документации, в связи с принятыми методами возведения строительных конструкций и монтажа оборудования.</p>
Глава 6. Организация строительства в подготовительный период	6. Предварительный перечень зданий и сооружений, подлежащих строительству в подготовительный период.	<p>6.1. Состав зданий и сооружений, подлежащих строительству в подготовительный период.</p> <p>6.2. Календарный план (график) строительства объектов подготовительного периода.</p>
Глава 7. Планирование строительства	<p>7.1. Сводный календарный план строительства.</p> <p>7.2. Предварительный план финансирования строительства.</p>	<p>7.1. Сводный календарный план строительства.</p> <p>7.2. Финансирование строительства.</p>
Глава 8. Потребные ресурсы для строительства	<p>8.1. Методы строительства.</p> <p>8.2. Потребность в строительных кадрах (по периодам строительства).</p> <p>8.3. Потребность в основном строительном оборудовании.</p>	<p>8.1. Методы строительства (классический, экспедиционный, вахтовый, комбинированный).</p> <p>8.2. Потребность в строительных кадрах (по периодам строительства).</p> <p>8.3. Потребность в основном строительном оборудовании.</p>
Глава 9. Основные показатели организации строительства	9. Основные показатели раздела «Организация строительства».	9. Основные показатели ПОС (сроки строительства, объёмы работ по основным сооружениям, максимальная годовая интенсивность работ, потребность в основных строительных материалах, количество работающих в пиковый год всего, сметная стоимость строительства).

Глава 10. Охрана труда, пожарная и промышленная безопасность	10. Основные положения по охране труда, пожарной и промышленной безопасности.	10.1. Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности. 10.2. Мероприятия по обеспечению охраны труда и промышленной безопасности. 10.2.1. Общие требования. 10.2.2. Охрана труда при производстве земельно-скальных работ. 10.2.3. Охрана труда при производстве бетонных и монтажных работ. 10.2.4. Охрана труда при производстве подземных работ. 10.2.5 Охрана труда при производстве специальных (буровзрывных, цементационных и других) работ. 10.3. Перечень мероприятий и проектных решений по определению технических средств и методов работы, обеспечивающих выполнение нормативных требований охраны труда.
Глава 11. Мероприятия по охране окружающей среды в период строительства	11. Основные положения по охране окружающей среды в период строительства.	11. Мероприятия по охране окружающей среды в период строительства.
Библиография	Перечень нормативных документов, использованных при разработке, раздела «Организация строительства».	Перечень нормативных документов, использованных при разработке ПОС.
Приложения		

Таблица А.2. Рекомендуемые комплекты чертежей по главам пояснительной записки

Наименование главы	Примерный перечень комплектов чертежей в составе ОИ	Примерный перечень комплектов чертежей ПОС в составе ПД
Глава 1. Общие вопросы организации строительства	1.5.1. Ситуационный план. Общие данные.	1.5.3.1. Ситуационный план. Общие данные. 1.5.3.2. Стройгенпланы на разные этапы строительства.
Глава 2. Производственные предприятия строительства	<p>2.1. Комплект чертежей по перевалочной базе строительства. Перевалочная база. Генеральный план.</p> <p>2.2. Комплект чертежей по производственной базе строительства в РОР, в том числе:</p> <p>2.2.1. Производственная база. Генеральный план.</p> <p>2.2.2. Комплект чертежей по дробильно-сортировочному хозяйству. Технологическая компоновочная схема.</p> <p>2.2.3. Комплект чертежей по бетонному хозяйству. Технологическая компоновочная схема.</p>	<p>2.1. Комплект чертежей по перевалочной базе строительства, в том числе:</p> <p>2.1.1. Перевалочная база. Генеральный план.</p> <p>2.1.2. Перевалочная база. Разбивочный план. М 1:1000.</p> <p>2.1.3. Перевалочная база. План организации рельефа. М 1: 1000.</p> <p>2.1.4. Перевалочная база. План земляных масс. М 1:2000.</p> <p>2.1.5. Перевалочная база. План водоотвода. Устройство проездов. М 1:2000. Типовые поперечники.</p> <p>2.1.6. Перевалочная база. Водопропускные трубы.</p> <p>2.1.7. Перевалочная база. Конструкция дорожной одежды.</p> <p>2.1.8. Перевалочная база. План благоустройства и озеленения территории. М 1:1000.</p> <p>2.2. Комплект чертежей по производственной базе строительства в РОР, в том числе:</p> <p>2.2.1. Производственная база. Генеральный план.</p> <p>2.2.2. Производственная база. Разбивочный план. М 1:1000.</p> <p>2.2.3. Производственная база. План организации рельефа. М 1: 1000.</p> <p>2.2.4. Производственная база. План земляных масс. М 1:2000.</p> <p>2.2.5. Производственная база. План водоотвода. Устройство проездов. М 1:2000. Типовые поперечники.</p> <p>2.2.6. Производственная база. Водопропускные трубы.</p> <p>2.2.7. Производственная база. Конструкция дорожной одежды.</p>

		<p>2.2.8 Производственная база. План благоустройства и озеленения территории. М 1:1000.</p> <p>2.2.9. Комплект чертежей по дробильно-сортировочному хозяйству (ДСХ), в том числе:</p> <p>2.2.9.1. ДСХ. Технологическая компоновочная схема.</p> <p>2.2.9.2. ДСХ. Планы.</p> <p>2.2.10. Комплект чертежей по бетонному хозяйству, в том числе:</p> <p>2.2.10.1. Бетонное хозяйство. Технологическая компоновочная схема.</p> <p>2.2.10.2. Бетонное хозяйство. Бетонные заводы. Планы.</p> <p>2.2.10.3. Бетонное хозяйство. Склады заполнителей. Планы.</p> <p>2.2.10.4. Бетонное хозяйство. Склады цемента. Планы.</p> <p>2.2.11... Комплекты чертежей по другим зданиям и сооружениям производственной базы (определяются по необходимости).</p>
<p>Глава 4. Технология строительства</p>	<p>4.1. Комплекты чертежей по пропуску строительных расходов на характерных этапах строительства, в том числе:</p> <p>4.1.1.1. Состояние основных сооружений гидроузла к перекрытию русла реки.</p> <p>4.1.1.2. Состояние основных сооружений гидроузла к пуску первого агрегата.</p> <p>4.1.2. Комплекты чертежей по временным гидротехническим сооружениям, в том числе:</p> <ul style="list-style-type: none"> • временные перемычки; • строительный канал; • строительный туннель. <p>4.1.3. Комплект чертежей по перекрытию русла реки.</p> <p>4.2. Комплекты чертежей по производству земельно-скальных работ.</p> <p>4.2.1. Технологические схемы по всем основным сооружениям гидроузла, в том числе:</p> <ul style="list-style-type: none"> • устройство котлованов; • возведение грунтовой плотины, перемычек, дамб; 	<p>4.1. Комплекты чертежей по пропуску строительных расходов на характерных этапах строительства, в том числе:</p> <p>4.1.1.1. Состояние основных сооружений гидроузла к перекрытию русла реки.</p> <p>4.1.1.2. Состояние основных сооружений гидроузла к пуску первого агрегата.</p> <p>4.1.2. Комплекты чертежей по временным гидротехническим сооружениям, в том числе:</p> <ul style="list-style-type: none"> • временные перемычки; • строительный канал; • строительный туннель. <p>4.1.3. Комплект чертежей по перекрытию русла реки.</p> <p>4.1.4. Схемы организации водоотлива из котлованов с указанием мест расположения насосных станций, трасс временных трубопроводов.</p> <p>4.2. Комплекты чертежей по производству земельно-скальных работ.</p> <p>4.2.1. Технологические схемы по всем основным сооружениям гидроузла, в том числе:</p> <ul style="list-style-type: none"> • устройство котлованов;

	<ul style="list-style-type: none"> • устройство и разработка буртов грунта; • разработка и рекультивация карьеров грунта. <p>4.2.2. Локальные (пообъектные) календарные планы производства земельно-скальных работ.</p> <p>4.2.3. Общий календарный план (график) производства земельно-скальных работ.</p> <p>4.2.4. Производство земельно-скальных работ. Баланс грунтов.</p> <p>4.3. Комплекты чертежей по производству бетонных работ.</p> <p>4.3.1. Принципиальные схемы возведения основных сооружений гидроузла на характерных этапах строительства (до перекрытия русла реки, после перекрытия, после пуска первых агрегатов и так далее).</p> <p>4.3.2. Общий календарный план (график) производства бетонных работ.</p> <p>4.4. Комплекты чертежей по производству подземных работ.</p> <p>4.4.1. Принципиальные схемы проходки и бетонирования подземных сооружений.</p> <p>4.4.2. Общий календарный план (график) производства подземных работ.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • возведение грунтовой плотины, перемычек, дамб; • устройство и разработка буртов грунта; • разработка и рекультивация карьеров грунта. <p>4.2.2. Локальные (пообъектные) календарные планы производства земельно-скальных работ.</p> <p>4.2.3. Общий календарный план (график) производства земельно-скальных работ.</p> <p>4.2.4. Производство земельно-скальных работ. Баланс грунтов.</p> <p>4.3. Комплекты чертежей по производству бетонных работ.</p> <p>4.3.1. Технологические схемы возведения бетонных сооружений гидроузла на характерных этапах строительства (до перекрытия русла реки, после перекрытия, после пуска первых агрегатов и так далее) с расстановкой бетоноукладочных, монтажных кранов, других машин и механизмов (конвейеры, бетононасосы и другое).</p> <p>4.3.2. Локальные (пообъектные) календарные планы производства бетонных работ.</p> <p>4.3.3. Общий календарный план (график) производства бетонных работ.</p> <p>4.3.11. Комплекты чертежей по специальным работам.</p> <p>4.4. Комплекты чертежей по производству подземных работ.</p> <p>4.4.1. Технологические схемы проходки туннелей, машинных и трансформаторных залов, кабельных галерей, уравнильных резервуаров и других подземных сооружений.</p> <p>4.4.2. Технологические схемы бетонирования обделок туннелей, машинных и трансформаторных залов, кабельных галерей, уравнильных резервуаров и других подземных сооружений.</p> <p>4.4.3. Локальные (пообъектные) календарные планы производства подземных работ.</p> <p>4.4.4. Общий календарный план (график) производства подземных работ.</p>
--	---	--

		4.4.5. Принципиальные схемы по инженерному обеспечению проходки туннелей и подземных выработок (вентиляция, водоотлив, снабжение сжатым воздухом, электроснабжение).
Глава 6. Организация строительства в подготовительный период		6.2. Календарный план (график) строительства объектов подготовительного периода.
Глава 7. Планирование строительства	7.1. Сводный календарный план строительства.	7.1. Сводный календарный план строительства.

Приложение Б (справочное)

Примерный перечень исполнительной документации на монтаж и испытания гидротурбины

Б.1. Акты

- Б.1.1. Акт о начале монтажа.
- Б.1.2. Акт о готовности фундамента под монтаж гидротурбины.
- Б.1.3. Акт сдачи-приёмки закладных частей гидроагрегата для бетонирования.
- Б.1.4. Акт испытания повышенным давлением трубопроводов и ресиверов системы перевода гидроагрегата в режим синхронного компенсатора.
- Б.1.5. Акт о промывке трубопроводов масла системы регулирования.
- Б.1.6. Акт дефектов и недостатков оборудования, выявленных во время монтажа и испытаний гидрогенератора.
- Б.1.7. Акт готовность гидроагрегата к пробному пуску.

Б.2. Формуляры

- Б.2.1. Формуляр установки облицовки отсасывающей трубы.
- Б.2.2. Формуляр установки облицовки конуса отсасывающей трубы.
- Б.2.3. Формуляр установки фундаментного кольца радиально-осевой турбины.
- Б.2.4. Формуляр установки закладных частей поворотной лопасти турбины.
- Б.2.5. Формуляр установки камеры рабочего колеса поворотной лопасти турбины.
- Б.2.6. Формуляр установки закладных частей радиально-осевой турбины.
- Б.2.7. Формуляр установки спиральной камеры.
- Б.2.8. Формуляр зазоров в лопатках направляющего аппарата.
- Б.2.9. Формуляр установочных зазоров рабочего колеса гидротурбины.
- Б.2.10. Формуляры зазоров в направляющем подшипнике гидротурбины.
- Б.2.11. Формуляр установки маслоприёмника гидротурбины.
- Б.2.12. Формуляр проверки вертикальности вала турбины.
- Б.2.13. Формуляр затягивания болтов фланцевых соединений валов гидроагрегата.
- Б.2.14. Формуляр зависимости открытия направляющего аппарата от хода поршня сервомотора.
- Б.2.15. Формуляр зависимости угла поворота лопастей рабочего колеса от открытия направляющего аппарата поворотной лопасти турбины.
- Б.2.16. Формуляр проверки общей линии вала гидрогенератора.

Б.3. Протоколы испытаний

- Б.3.1. Протокол гидравлических испытаний сервомоторов направляющего аппарата.
- Б.3.2. Протокол испытаний рабочего колеса поворотной лопасти турбины.
- Б.3.3. Протокол испытаний вспомогательных механизмов турбины до пуска агрегата.
- Б.3.4. Протокол испытаний смонтированных трубопроводов системы регулирования.

- Б.3.5. Протокол испытаний системы регулирования на утечки масла и воздуха (до пуска агрегата).
- Б.3.6. Протокол испытаний механизмов маслонапорной установки.
- Б.3.7. Протокол проверки биения вала и вибрации.
- Б.3.8. Протокол гидравлических испытаний трубопроводов системы технического водоснабжения.
- Б.3.9. Протоколы вибрации и биения вала гидроагрегата под нагрузкой.
- Б.3.10. Протокол выполнения гарантий регулирования.

Приложение В (справочное)

Примерный перечень исполнительной документации на монтаж и испытания гидрогенератора

В.1. Акты

- В.1.1. Акт о начале монтажа.
- В.1.2. Акт о готовности фундамента под монтаж гидрогенератора.
- В.1.3. Акт промывки и испытаний системы охлаждения обмотки статора (для гидрогенераторов с непосредственным водяным охлаждением обмотки статора).
- В.1.4. Акт промывки и испытания повышенным давлением трубопроводов системы торможения.
- В.1.5. Акт об испытаниях воздухоохлаждателей повышенным гидравлическим давлением.
- В.1.6. Акт о промывке трубопровода масла.
- В.1.7. Акт об испытаниях маслоохлаждателей направляющего подшипника повышенным гидравлическим давлением.
- В.1.8. Акт об окончании монтажа статора и готовности его к испытанию высоким напряжением.
- В.1.9. Акт об окончании монтажа ротора и готовности его к переносу с монтажной площадки в расточку статора.
- В.1.10. Акт дефектов и недостатков оборудования, выявленных во время монтажа и испытаний гидрогенератора.

В.2. Формуляры

- В.2.1. Формуляр установки крестовины гидрогенератора.
- В.2.2. Формуляр распределения полюсов на обode ротора по массе при навешивании.
- В.2.3. Формуляр проверки сборки ротора.
- В.2.4. Формуляр прицентрирования вала генератора к валу турбины.
- В.2.5. Формуляры зазоров в направляющих подшипниках гидрогенератора.
- В.2.6. Формуляр зазоров в регуляторном генераторе.
- В.2.7. Формуляр регулировки нагрузки на сегменты подпятника.
- В.2.8. Формуляр проверки биения вала и диска пяты подпятника.
- В.2.9. Формуляр замеров в контрольных точках подпятника.
- В.2.10. Формуляр замеров воздушного зазора между активной сталью статора и полюсами ротора гидрогенератора.
- В.2.11. Формуляр сопряжения втулки подпятника с валом гидрогенератора.
- В.2.12. Формуляр проверки перпендикулярности диска подпятника к оси вала гидрогенератора.
- В.2.13. Формуляр проверки общей линии вала гидрогенератора.
- В.2.14. Формуляр зазоров в возбудителе, вспомогательном и регуляторном генераторах.

В.3. Протоколы испытаний

- В.3.1. Протоколы гидравлических испытаний смонтированных систем охлаждения гидрогенератора.
- В.3.2. Протоколы испытаний стержней нижнего и верхнего ряда обмотки статора высоким напряжением.
- В.3.3. Протоколы измерения сопротивления изоляции обмоток статора и ротора относительно корпуса и между фазами.
- В.3.4. Протокол измерения сопротивления изоляции обмоток гидрогенератора при сушке.
- В.3.5. Протоколы измерения сопротивления обмоток гидрогенератора и возбuditеля при постоянном токе в практически холодном состоянии.
- В.3.6. Протоколы измерения сопротивления термопреобразователей сопротивления при постоянном токе в практически холодном состоянии.
- В.3.7. Протоколы испытаний электрической прочности изоляции обмоток статора и ротора постоянным и переменным напряжением.
- В.3.8. Протокол гидравлических испытаний обмотки статора (для гидрогенераторов с непосредственным водяным охлаждением обмотки статора).
- В.3.9. Протоколы наладочных испытаний системы возбуждения.
- В.3.10. Протоколы измерения сопротивления изоляции подшипника и подпятника гидрогенератора.
- В.3.11. Протокол измерения кажущегося сопротивления при переменном токе каждого полюса ротора с целью выявления межвитковых замыканий.
- В.3.12. Протокол испытания электрической прочности межвитковой изоляции обмоток.
- В.3.13. Протокол снятия характеристики холостого хода.
- В.3.14. Протокол снятия характеристики установившегося трехфазного короткого замыкания.
- В.3.15. Протокол измерения роста температуры сегментов подпятника, подшипника и масла в ваннах до установившихся значений.
- В.3.16. Протокол определения сверхпереходных реактивных сопротивлений по продольной и поперечной осям.
- В.3.17. Протокол определения постоянных времени обмотки возбуждения и демпферной обмотки.
- В.3.18. Протокол определения номинального тока возбуждения.
- В.3.19. Протокол определения электрического напряжения между концами вала.
- В.3.20. Протокол проверки биения вала, вибрации крестовины и статора.

Приложение Г (справочное)

Примерный перечень исполнительной документации на монтаж и испытания силового трансформатора

- Г.1. Акт готовности строительной части помещений (сооружений) к производству электромонтажных работ.
- Г.2. Акт на устройство заземления и молниезащиты (с исполнительной схемой и протоколом испытаний).
- Г.3. Акт на монтаж ошиновки трансформатора (с исполнительной схемой, паспорта изделий).
- Г.4. Акты об испытаниях охладителей и технологических трубопроводов.
- Г.5. Акты об индивидуальных испытаниях и комплексном опробовании смонтированного оборудования.
- Г.6. Паспорта, протоколы испытаний, технические данные и инструкции по монтажу и эксплуатации силовых трансформаторов, полученные от организаций-изготовителей.
- Г.7. Протокол осмотра и проверки смонтированного оборудования.
- Г.8. Протокол фазировки.
- Г.9. Протоколы проверки и наладки релейной защиты, автоматики, сигнализации, блокировки и управления.
- Г.10. Протоколы проверки и испытания измерительных трансформаторов.
- Г.11. Протокол измерения сопротивления металлической связи электрооборудования с заземляющим контуром.
- Г.12. Протокол измерения сопротивления заземляющих устройств.
- Г.13. Протоколы испытаний силовых трансформаторов в соответствии с требованием руководства по эксплуатации.
- Г.14. Протокол отбора проб масла из силовых трансформаторов (кроме трансформаторов типа ТМГ и ТМГА).
- Г.15. При наличии устройств защиты от перенапряжений предъявляются протоколы испытания и измерения ограничителей перенапряжения.

Приложение Д (справочное)

Перечень типовых испытаний и проверок комплектного распределительного устройства с элегазовой изоляцией

Д.1. Перечень типовых испытаний

Вид испытания
Обязательные типовые испытания
1. Испытания электрической прочности изоляции главных и вспомогательных цепей.
2. Испытания на радиопомехи.
3. Измерение сопротивления цепей и испытания на нагрев.
4. Испытания на стойкость при пике номинального выдерживаемого тока и номинальном выдерживаемом токе короткого замыкания.
5. Испытания для проверки коммутационной способности применяемых коммутационных аппаратов.
6. Механические испытания применяемых коммутационных аппаратов.
7. Испытания для подтверждения прочности оболочек.
8. Проверка степени защиты оболочек.
9. Испытания на герметичность.
10. Испытания на электромагнитную совместимость (ЭМС).
11. Дополнительные испытания вспомогательных цепей и цепей управления.
12. Испытания перегородок давлением.
13. Испытания на стойкость к воздействию климатических факторов внешней среды.
14. Испытания для подтверждения характеристик в условиях термодинамического цикла и герметичности изоляторов.
15. Испытание на отсутствие коррозии на заземляющих соединениях (если это применимо).
Типовые испытания по просьбе потребителя (допускается использовать дополнительные испытываемые образцы)
16. Испытания в условиях горения дуги при внутреннем коротком замыкании.

Д.2. Протокол типовых испытаний содержит следующую информацию:

- организация-изготовитель;
- тип конструкции и серийный номер испытуемого КРУЭ и аппаратуры управления;
- номинальные характеристики испытуемого КРУЭ и аппаратуры управления, как определено в соответствующих стандартах;
- общее описание испытуемого КРУЭ и аппаратуры управления, данное организацией-изготовителем, включая число полюсов;
- организация-изготовитель, тип, серийные номера и маркировки существенных частей, где применимо (например, приводов, дугогасительных камер, импедансов шунтов);
- основные детали КРУЭ в закрытой оболочке, с которой коммутационные аппараты составляют одно целое;
- детали приводных механизмов и устройств, используемых при испытаниях, где применимо;
- фотоснимки для иллюстрации состояния испытуемого КРУЭ и аппаратуры управления до и после испытаний;
- достаточное число поясняющих рисунков и схем, чтобы представить испытуемое КРУЭ и аппаратуру управления;
- перечень номеров всех чертежей, включая пересмотренные чертежи, предоставленных для идентификации основных частей испытуемого КРУЭ и аппаратуры управления;
- подробности, касающиеся испытательного оборудования (включая схему испытательной цепи);
- сообщение о состоянии испытуемого КРУЭ и аппаратуры управления в ходе и после испытаний, о восстановлении или замене каких-либо частей в ходе испытаний;
- записи испытательных величин в течение каждого испытания или режима испытания, как это предусмотрено в соответствующих стандартах.

Приложение Е (рекомендуемое)

Примерный перечень ответственных конструкций гидротехнических сооружений, подлежащих приёму по актам освидетельствования ответственных конструкций

Е.1. Грунтовые плотины, дамбы, качественные насыпи

- Е.1.1. Котлованы и основания под сооружения (согласно разбивке в РД).
- Е.1.2. Закрепление грунтов основания (площадная цементация, силикатизация и другое).
- Е.1.3. Дренажи различной конструкции.
- Е.1.4. Противофильтрационные завесы.
- Е.1.5. Противофильтрационные элементы плотины различной конструкции (поярусно, согласно разбивке в РД).
- Е.1.6. Понур.
- Е.1.7. Упорные призмы, переходные зоны, обратные фильтры (поярусно, согласно разбивке в рабочей документации).
- Е.1.8. Крепление откосов.
- Е.1.9. Система водоотвода низового откоса.
- Е.1.10. Смотровые, цементационные и дренажные галереи.

Е.2. Бетонные плотины (глухие, водосбросные, станционные), отдельные и подпорные стенки, сопрягающие устои

- Е.2.1. Котлованы и основания под сооружения (согласно разбивке в РД).
- Е.2.2. Секции и столбы плотины (согласно разбивке в РД).
- Е.2.3. Противофильтрационные завесы.
- Е.2.4. Понур.
- Е.2.5. Водобойные сооружения (водобойный колодец, водобойная стенка и другое).
- Е.2.6. Рисберма.
- Е.2.7. Дренажи различной конструкции.
- Е.2.8. Цементация межсекционных и межстолбчатых швов (согласно разбивке в РД).
- Е.2.9. Закладные омоноличиваемые металлические конструкции (пороги затворов, пазовые конструкции, камеры водоприёмников, облицовки водоводов, аэрационные трубы и другое).
- Е.2.10. Фундаменты под оборудование.
- Е.2.11. Подкрановые пути.
- Е.2.12. Водосбросы, водосливы и водовыпуски в законченном виде.
- Е.2.13. Подводящие и отводящие каналы.

Е.3. Здания ГЭС и ГАЭС.

- Е.3.1. Котлованы и основания под сооружения (согласно разбивке в РД).
- Е.3.2. Агрегатные секции (согласно разбивке в РД).
- Е.3.3. Понур.
- Е.3.4. Рисберма.
- Е.3.5. Дренажи различной конструкции.

Е.3.6. Закладные омоноличиваемые металлические конструкции (пороги затворов, пазовые конструкции, торовые конструкции и конус отсасывающей трубы, спиральная камера, шахта турбины и другое).

Е.3.7. Фундаменты под оборудование (в том числе под статор турбины).

Е.3.8. Колонны.

Е.3.9. Подкрановые балки.

Е.3.10. Стеновые панели, витражи и прочие стеновые ограждения.

Е.3.11. Междуэтажные перекрытия и покрытия.

Е.3.12. Кровля.

Е.3.13. Подкрановые пути.

Е.3.15. Отводящий и реверсивный каналы.

Е.4. Туннели различного назначения.

Е.4.1. Котлованы и основания входных и выходных порталов.

Е.4.2. Участки туннелей (согласно разбивке в РД).

Е.4.3. Анкерная крепь.

Е.4.4. Цементация затрубного пространства.

Е.4.5. Дренажи.

Е.4.6. Закладные омоноличиваемые металлические конструкции (пороги затворов, пазовые конструкции, камеры водоприёмников, облицовки и другое).

Е.5. Здания промышленного и гражданского назначения.

Е.5.1. Котлованы и основания зданий.

Е.5.2. Фундаменты различного типа (монолитная плита, ленточные, столбчатые, свайные).

Е.5.3. Каждый этаж здания, монтируемого из сборных железобетонных или металлических элементов.

Е.5.4. Покрытие.

Е.5.5. Кровля.

Приложение Ж (рекомендуемое)

Состав проектов производства работ [\[1\]](#)

Ж.1. ППР в полном объёме должен включать:

- титульный лист;
- лист ознакомления ответственного персонала с положениями ППР;
- календарный план (график) производства работ по сооружению, объекту;
- строительный генеральный план, оформленный согласно ГОСТ Р 21.1101 и включающий указание типа и конструкции ограждения строительной площадки; схему размещения бытовых помещений строителей и мобильных (инвентарных) зданий с экспликацией; схемы организации дорожного движения с указанием типов и конструкций внутриплощадочных дорог; трассировку инженерных сетей снабжения, канализации, пожаротушения и освещения; схему размещения складских площадей и помещений; схемы привязки основных средств механизации; указание опасных производственных зон и зон влияния строительных машин;
- график поступления на объект строительных конструкций, изделий, материалов и оборудования;
- график движения трудовых ресурсов по объекту;
- график движения основных строительных машин по объекту;
- технологические карты на выполнение видов работ;
- схемы размещения геодезических знаков;
- требования к качеству выпускаемой продукции, методы и средства контроля;
- схемы монтажа и демонтажа кранового оборудования, грузовых и грузопассажирских подъёмников, в том числе решения конструкций, оснований и креплений;
- список титульных и нетитульных временных зданий и сооружений на территории строительной площадки (в соответствии с приложением К в [\[1\]](#));
- пояснительную записку, содержащую: решения по производству геодезических работ, решения по прокладке временных сетей водо-, тепло-, энергоснабжения и освещения строительной площадки и рабочих мест; обоснования и мероприятия по применению мобильных форм организации работ, режимы труда и отдыха; решения по производству работ, включая работы в особых природно-климатических условиях (например, в зимнее время); потребность в энергоресурсах; потребность и привязку городков строителей и мобильных (инвентарных) зданий; калькуляцию трудозатрат; мероприятия по обеспечению сохранности материалов, изделий, конструкций и оборудования на строительной площадке; требования по безопасной эксплуатации подъемных механизмов и сооружений при проведении погрузочно-разгрузочных, строительно-монтажных работ с учетом требований законодательства и НД в области промышленной безопасности; природоохранные мероприятия; мероприятия по обеспечению пожарной безопасности; мероприятия по охране труда и безопасности в

строительстве; технико-экономические показатели (трудоемкость, продолжительность, удельные показатели).

Ж.2. ППР в неполном объеме включает в себя:

- титульный лист;
- лист ознакомления ответственного персонала с положениями ППР;
- календарный план (график) производства работ по объекту;
- строительный генеральный план, оформленный согласно ГОСТ Р 21.1101 и включающий: указание типа и конструкции ограждения строительной площадки; схему размещения бытовых помещений строителей и мобильных (инвентарных) зданий с экспликацией; схемы организации дорожного движения с указанием типов и конструкций внутриплощадочных дорог; трассировку инженерных сетей снабжения, канализации, пожаротушения и освещения; схему размещения складских площадей и помещений; схемы привязки основных средств механизации; указание опасных производственных зон и зон влияния строительных машин;
- технологические карты на выполнение отдельных видов работ (по согласованию с застройщиком (техническим заказчиком));
- схемы размещения геодезических знаков;
- пояснительную записку, содержащую: основные решения, природоохранные мероприятия; мероприятия по обеспечению пожарной безопасности; мероприятия по охране труда и безопасности в строительстве.

Состав проекта производства работ в неполном объеме может уточняться, изменяться и дополняться при согласовании с застройщиком (техническим заказчиком) [\[1\]](#).

Список литературы¹²

1. СП 48.13330.2019. Свод правил. Организация строительства. Актуализированная редакция СНиП 12-01-2004.
2. СП 11-110-99. Свод правил по проектированию и строительству. Авторский надзор за строительством зданий и сооружений.
3. НП «ИНВЭЛ» Терминологический справочник по электроэнергетике. // М.: Типография «КЕМ», 2008.
4. ГОСТ 21.001–2013. Система проектной документации для строительства. Общие положения.
5. Постановление Правительства Российской Федерации от 16 февраля 2008 г. за № 87 «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию».
6. СТО НП «ИНВЭЛ» 70238424.27.140.027–2009. Гидроэлектростанции. Правила разработки схем территориального планирования и проектной документации.
7. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 № 190-ФЗ.
8. Федеральный закон РФ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21 июля 1997 г. №116-ФЗ.
9. СНиП 1.06.04-85. Положение о главном инженерере (главном архитекторе) проекта.
10. Энергетические ресурсы СССР. Гидроэнергетические ресурсы. М.: Наука, 1967.
11. *Лапин Г. Г.* Об оползне в Бурейское водохранилище. // Гидротехническое строительство. 2019. № 12.
12. СТО РусГидро 01.01.133–2015. Гидроэнергетическое строительство. Инженерные изыскания при разработке схем территориального планирования и проектной документации. Нормы и требования.
13. *В. С. Эрстов, А. И. Чураков, Г. Д. Петров, А. К. Третьяков, Б. А. Волнин, П. А. Навроцкий, В. И. Абхази.* Организация и планирование гидротехнического строительства. М.: Стройиздат, 1977.
14. *Телешев В. И., Ватин Н. И., Марчук А. Н., Комаринский М. В.* Производство гидротехнических работ. Часть 1. Общие вопросы строительства. Земляные и бетонные работы. М.: Издательство АСВ, 2012.
15. *А. И. Чураков, Б. А. Волнин, П. Д. Степанов, В. Я Шайтанов.* Производство гидротехнических работ. М.: Стройиздат, 1985.
16. *Л. Н. Рассказов, В. Г. Орехов, Н. А. Анискин, В. В. Малаханов, А. С. Бестужева, М. П. Саинов, П. В. Солдатов, В. В. Толстиков.* Гидротехнические сооружения (речные). Часть 2. Издание второе, исправленное и дополненное под редакцией Л. Н. Рассказова. М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2011.
17. *Лапин Г. Г., Мартинес А. М., Серединцев Н. А., Шлычков А. В.* Перекрытие русла р. Ангары в створе Богучанской ГЭС. // Гидротехническое строительство. 1988. № 8.
18. *Захаров С. В., Александров А. В., Островская А. И., Зарубин П. П.* Перекрытие русла р. Вахш в створе Сангтудинской ГЭС-1. // Гидротехническое строительство. 2008. №5.
19. *Лапин Г. Г.* Авторское свидетельство на изобретение «Способ перекрытия русла реки» № 1446225 от 22 августа 1988 г. Патент SU 1446225 A1.

¹² В случае актуализации или отмены нормативного документа, указанного в данном списке, следует руководствоваться действующим в этой области нормативным документом.

20. *Орешкин Ю. Г., Жога Б. В., Латин Г. Г., Серединцев Н. А.* Авторское свидетельство на изобретение «Способ перекрытия русла реки» № 1350240 от 08 июля 1987 г. 1988 г. Патент SU 1350240 А1.
21. СП 33-101-2003. Определение основных расчётных гидрологических характеристик.
22. СП 58.13330.2019. Гидротехнические сооружения. Основные положения.
23. *Лебедев И. В.* Основные положения гидравлического расчёта строительной компоновки гидроузлов. Под редакцией С. В. Избаша // Труды МЭИ. М.: 1960.
24. *Николаев Ю. Г., Якобсон А. Г.* Пропуск расходов реки при гидротехническом строительстве. М.: Энергия, 1978.
25. Справочник по гидравлическим расчётам. Под редакцией П. Г. Киселёва. М.: Энергия, 1972.
26. Рекомендации по проектированию и организации работ при перекрытии русел рек на строительстве гидроэлектростанций. М.: Оргэнергострой, 1963.
27. *С. В. Избаш.* Гидравлика в производстве работ. М.: Государственное издательство строительной литературы, 1949.
28. *М. Г. Зерцалов, Ю. Е. Хечинов, Е. И. Жохов, Д. С. Колюхов, Е. А. Корчагин, А. В. Косолапов, А. В. Манько.* Производство гидротехнических работ. Часть 2. Производство подземных работ и специальные способы строительства. М.: Издательство АСВ, 2012.
29. Технические правила ведения взрывных работ в энергетическом строительстве. М.: Гидропроект. 1997.
30. Технические правила ведения взрывных работ на дневной поверхности. ВСН 281–74. М.: Недра. 1972.
31. Нормы проектирования и производства буровзрывных работ при сооружении земляного полотна. ВСН 178–91. М.: 1992.
32. *Эткин М. Б., Азаркович А. Е.* Взрывные работы в энергетическом и промышленном строительстве. М.: Изд. МГГУ, 2004.
33. *Азаркович А. Е., Фишман Ю. А., Шуйфер М. И.* Взрывная подготовка оснований гидротехнических сооружений. М.: Энергоатомиздат, 1990.
34. Министерство транспортного строительства СССР. Государственный Всесоюзный дорожный научно-исследовательский институт (СоюздорНИИ). Предложения по снижению глубины промерзания грунтов резервов и разработке мёрзлых грунтов при зимних земляных работах. Москва – 1970.
35. РД 34 15.073–91. Руководство по геотехническому контролю за подготовкой оснований и возведением грунтовых сооружений в энергетическом строительстве.
36. *Синев В. В., Судаков В. Б., Солтани Н. Х., Кейхампур К. Т.* Особенности конструкции и технологии бетонирования плотины Коусар // Гидротехническое строительство. 2006. № 6.
37. *Латин Г. Г., Судаков В. Б., Шангин В. С.* Пути повышения технологичности бетонных плотин. // Гидротехническое строительство. 2012. № 10.
38. *М. А. Барковский.* Записки инженера. Саратов. Рэм-График. 2005.
39. М. А. Барковский и его время. Воспоминания современников. *Составители Мелуа А. И., Мигуренко В. Р., Станкевич В. Л.* СПб.: Гуманистика, 2012.
40. *Гончаров А. Н.* Гидроэнергетическое оборудование гидроэлектростанций и его монтаж. Издание второе. Энергия, Москва. 1972.
41. *И. Н. Колпаков, Ю. Н. Плотников, В. Я. Шайтанов.* Монтаж механического оборудования и стальных конструкций гидротехнических сооружений. Москва, Высшая школа. 1981.
42. Справочник строителя. Свайные работы. Под редакцией доктора техн. наук М. И. Смородинова. Москва. Стройиздат. 1979.

43. СП 50-102-2003. Проектирование и устройство свайных фундаментов.
44. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации. Утверждены приказом Минэнерго России от 19.06.2003 № 229, зарегистрированы Минюстом России, рег. № 4799 от 20.06.2003.
45. *В. М. Мостков, Н. В. Дмитриев, Ю. П. Рахманинов.* Проектирование и строительство подземных сооружений большого сечения. Справочник. М.: Недра.1993.
46. СП 91.13330.2012. Подземные горные выработки. Актуализированная редакция СНиП II-94–80.
47. СП 69.13330.2016. Подземные горные выработки. Актуализированная редакция СНиП 3.02.03-84.
48. *Хечинов Ю. Е.* Механизированная проходка подземных выработок гидроэлектростанций. М.: Энергоатомиздат. 1986.
49. Проектирование обделок подземных машинных залов ГЭС, ГАЭС и других камерных выработок в гидротехническом строительстве. ВСН 34-72-019-89. Минэнерго СССР. М.: 1989.
50. *Ю. Е. Хечинов.* Строительство подземных гидротехнических сооружений (из опыта строительства во Франции). М.: Энергоиздат.1981.
51. СП 126.13330.2012. Геодезические работы в строительстве. Актуализированная редакция СНиП 3.01.03-84.
52. ГОСТ 24297–2013. Верификация закупленной продукции. Организация проведения и методы контроля.
53. РД-11-02-2006. Требования к составу и порядку ведения исполнительной документации при строительстве, реконструкции, капитальном ремонте объектов капитального строительства и требования, предъявляемые к актам освидетельствования работ, конструкций, участков сетей инженерно-технического обеспечения.
54. Постановление Правительства Российской Федерации от 01 февраля 2006 г. за № 54 «Положение об осуществлении строительного надзора в Российской Федерации».
55. РД-11-04-2006. Порядок проведения проверок при осуществлении государственного строительного надзора и выдачи заключений о соответствии построенных, реконструированных, отремонтированных объектов капитального строительства требованиям технических регламентов (норм и правил), иных нормативных правовых актов и проектной документации (УТВЕРЖДЕН приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 26 декабря 2006 г. № 1129. Зарегистрировано в Минюсте РФ 06.03.2007 № 9053).
56. СТО 70238424.27.140.029–2009. Гидроэлектростанции. Контроль качества производства работ в процессе строительства. Нормы и требования.
57. *Шайтанов В. Я.* Подготовительный период при строительстве гидроэлектростанций. М.: Энергия. 1981.
58. СП 42.13330.2011. Свод правил. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89* (утв. Приказом Минрегиона РФ от 28.12.2010 N 820).
59. МДС 81–43.2008. Методические рекомендации для определения затрат, связанных с осуществлением строительного-монтажных работ вахтовым методом.
60. Федеральный закон Российской Федерации от 22 июля 2008 г. №123–ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
61. Правила противопожарного режима в РФ. Утверждены Постановлением Правительства Российской Федерации от 25 апреля 2012 г. № 390.
62. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ.

63. СП 12-136-2002. Безопасность труда в строительстве. Решения по охране труда и промышленной безопасности в проектах организации строительства и проектах производства работ.
64. СНиП 12-03-2001. Безопасность труда в строительстве. Часть 1. Общие требования.
65. СНиП 12-04-2002. Безопасность труда в строительстве. Часть 2. Строительное производство.
66. Постановление Министерства труда и социального развития Российской Федерации от 24 октября 2002 г. №73 «Об утверждении форм документов, необходимых для расследования и учёта несчастных случаев на производстве, и положения об особенностях расследования несчастных случаев на производстве в отдельных отраслях и организациях».
67. Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 10.05.2007 № 317 «Об утверждении и введении в действие Методических рекомендаций о порядке разработки проектов производства работ грузоподъемными машинами и технологических карт погрузочно-разгрузочных работ».
68. Распоряжение Правительства РФ от 1 июня 2021 г. № 1447-р «Об утверждении плана мероприятий по реализации Энергетической стратегии РФ на период до 2035 г.».
69. *Руденко А. Л., Фомин А. Е., Сергеева О. А., Лапин Г. Г.* Реконструкция оборудования Усть-Хантайской ГЭС: задачи, проблемы и пути их решения. // Гидротехническое строительство. 2020. № 1.
70. Министерство труда и социальной защиты Российской Федерации. Приказ от 11 декабря 2020 г. № 883н «Об утверждении правил по охране труда при строительстве, реконструкции и ремонте».
71. Министерство труда и социальной защиты Российской Федерации. Приказ от 16 ноября 2020 г. № 782н «Об утверждении правил по охране труда при работе на высоте».
72. Министерство труда и социальной защиты Российской Федерации. Приказ от 28 октября 2020 г. № 753н «Об утверждении правил по охране труда при погрузочно-разгрузочных работах и размещении грузов».
73. Министерство труда и социальной защиты Российской Федерации. Приказ от 15 декабря 2020 г. № 903н «Об утверждении правил по охране труда при эксплуатации электроустановок».
74. Министерство труда и социальной защиты Российской Федерации. Приказ от 27 ноября 2020 г. № 835н «Об утверждении правил по охране труда при работе с инструментом и приспособлениями».



Геннадий Георгиевич Лапин в 1971 г. с отличием окончил Новосибирский инженерно-строительный институт. Работал на строительстве Зейской ГЭС (1971–1978) мастером, прорабом, старшим прорабом, начальником участка, главным инженером СМУ здания ГЭС; на строительстве Богучанской ГЭС (1978–1984) главным инженером СМУ; в институте «Гидропроект» (1984–2001) ГИПом по организации строительства, начальником отдела, генеральным директором; в ОАО «Инженерный центр ЕЭС» (2002–2007) заместителем председателя правления; в ПАО «РусГидро» (2007–2019) советником председателя правления, инспектором. С 2003 по 2021 гг. – главный редактор научно-технического журнала «Гидротехническое строительство».

Награждён: орденами «Знак Почёта», «Дружбы», медалью «В память 850-летия Москвы», Почётной грамотой Президента РФ. Почётный работник топливно-энергетического комплекса РФ, почётный энергетик РФ, заслуженный работник «ЕЭС России», почётный гидроэнергетик РАО «ЕЭС России». Удостоен золотой медали Московского государственного строительного университета за вклад в развитие строительного образования и науки.

ISBN 978-5-6044903-1-0



9 785604 490310